

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет»
Уральское отделение Российской академии образования
Академия профессионального образования

Н. В. Бородина

**ПРАКТИКУМ
ПО ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ**

Часть 2

Учебное пособие

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по профессионально-педагогическому образованию в качестве
учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 030500. 08 Профессиональное обучение
(машиностроение и технологическое оборудование)*

Екатеринбург 2007

УДК 621.91.01 (075.8)

ББК К63-1я73-5

Б 83

Бородина Н.В. Практикум по теории резания металлов: Учеб. пособие: В 2 ч. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2007. Ч.2. 105 с.
ISBN 978-5-8050-0226-8

Во второй части практикума представлен цикл лабораторных работ по курсу «Теория резания металлов». По каждой лабораторной работе приводятся исходные теоретические положения, контролирующие тесты и инструктивно раскрывается методика выполнения работ. Материал представлен в виде обучающих модулей с иллюстрациями, что обеспечивает возможность самостоятельной работы студентов.

Пособие адресовано студентам вузов и колледжей, обучающимся по специальности «Профессиональное обучение (машиностроение и технологическое оборудование)».

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. В.И.Вешкурцев (ГОУ ВПО «Урал. гос. техн. ун-т–УПИ»), канд. техн. наук, доц. Г.А. Малых (ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т»)

ISBN 978-5-8050-0226-8

© ГОУ ВПО « Российский государствен-
ный профессионально-педагогический
университет», 2007

© Бородина Н.В., 2007

Содержание

Введение.....	5
1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца».....	6
1.1. Исходные теоретические положения.....	6
1.2. Контроль усвоения теоретических положений.....	11
1.3. Методика выполнения лабораторной работы.....	15
2. Лабораторная работа «Усадка стружки».....	22
2.1. Исходные теоретические положения.....	22
2.2. Контроль усвоения теоретических положений.....	27
2.3. Методика выполнения лабораторной работы.....	30
3. Лабораторная работа «Силы резания».....	40
3.1. Исходные теоретические положения.....	40
3.2. Контроль усвоения теоретических положений.....	49
3.3. Методика выполнения лабораторной работы.....	52
4. Лабораторная работа «Температура резания».....	59
4.1. Исходные теоретические положения.....	59
4.2. Контроль усвоения теоретических положений.....	68
4.3. Методика выполнения лабораторной работы.....	71
Заключение.....	79
Библиографический список.....	81
Приложение 1. Отчет о лабораторной работе «Конструкция и геометрия токарного резца».....	82

Приложение 2. Отчет о лабораторной работе «Усадка стружки».....	85
Приложение 3. Отчет о лабораторной работе «Силы резания».....	90
Приложение 4. Отчет о лабораторной работе «Температура резания».....	96

Введение

Вторая часть практикума раскрывает цикл лабораторных работ по дисциплине «Теория резания металлов», содержит теоретические положения и методические указания к их выполнению.

Отбор содержания этого пособия выполнен в соответствии с рабочей программой дисциплины и с учетом существующей лабораторной базы.

Целью лабораторного практикума является формирование у студентов умений постановки задачи исследования, анализа методики его проведения, работы с приборами, обработки и интерпретации результатов эксперимента.

В ходе лабораторных работ студенты овладеют приемами измерения геометрических параметров режущих инструментов с помощью маятникового угломера и длины стружки с помощью гибкой нити, познакомятся с методом измерения сил резания с помощью электрического динамометра и с методом естественной термопары при определении температуры резания, освоят метод графического логарифмирования для вывода эмпирических формул.

Учебный материал пособия представлен в виде теоретических и практико-ориентированных учебных элементов (*обучающих модулей*), в которых содержание каждого абзаца поясняется графическим изображением, что облегчает восприятие информации. В каждой лабораторной работе приведены педагогические тесты для контроля усвоения теоретических положений.

Методика выполнения лабораторных работ носит алгоритмический характер. Приемы выполнения действий подробно поясняются и сопровождаются необходимыми фотографиями. В приложениях приведены формы отчетов и последовательность их заполнения.

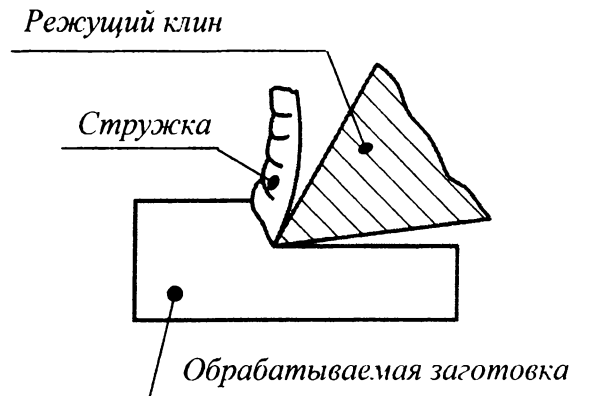
Представление учебного материала в виде обучающих модулей ориентировано на самостоятельную работу студентов в процессе подготовки и выполнения лабораторных работ.

1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.1. Исходные теоретические положения

Цель – в процессе выполнения данной лабораторной работы Вы сможете изучить конструкцию и геометрию токарного проходного резца с отогнутой головкой, а также овладеть методикой измерения его геометрических параметров.

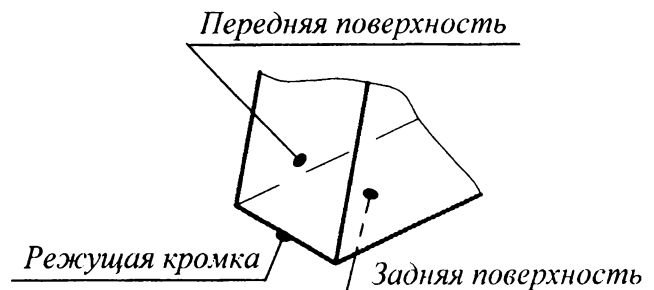
Резание металлов – это операция удаления слоя металла с заготовки с помощью режущего инструмента, в основе режущей части которого лежит режущий клин.



Режущий клин ограничен передней и задней поверхностями.

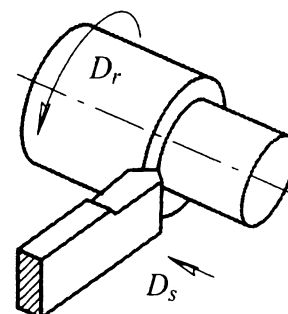
Передняя поверхность – это поверхность, по которой сходит стружка.

Задняя поверхность обращена к обрабатываемой заготовке.



Пересечение передней и задней поверхностей образуют режущую кромку.

Токарный резец по конструкции является одним из простых инструментов, поэтому на нем рассматриваются в теории резания металлов основные понятия и определения геометрических параметров режущего клина.



1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.1. Исходные теоретические положения

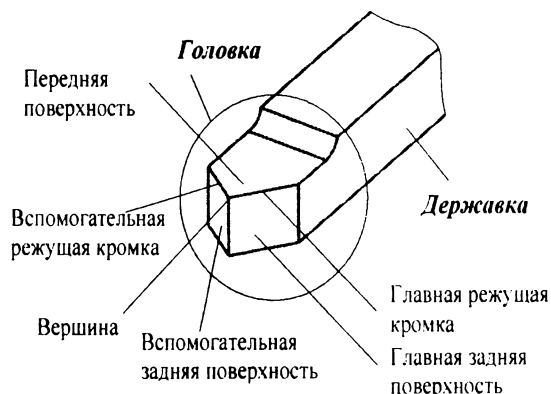
Токарный резец состоит из двух частей: рабочей (головки) и присоединительной (державки).

Конструктивные элементы токарного резца



Конструктивными элементами головки резца являются:

- передняя поверхность – поверхность, по которой сходит стружка;
- главная задняя поверхность – поверхность, обращенная к обрабатываемой поверхности заготовки;
- вспомогательная задняя поверхность – поверхность, обращенная к обработанной поверхности заготовки;
- главная режущая кромка – линия пересечения передней поверхности и главной задней поверхности;
- вспомогательная режущая кромка – линия пересечения передней поверхности и вспомогательной задней поверхности;
- вершина – точка сопряжения режущих кромок.



Геометрия режущей части резца – это совокупность углов, определяющих положение передней и задней поверхностей головки резца относительно координатных плоскостей.

Геометрия токарного резца



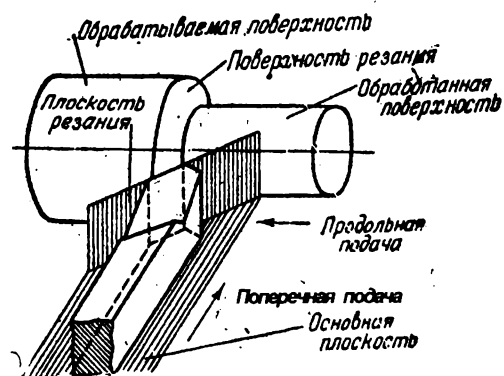
1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.1. Исходные теоретические положения

Для определения геометрии резца рассматривают две координатные и две секущие плоскости.

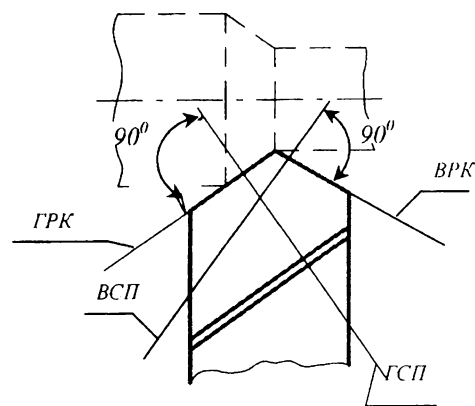
Координатными плоскостями являются:

- основная плоскость – плоскость, параллельная продольной и поперечной подачам и совпадающая с опорной гранью резца;
- плоскость резания – плоскость, касательная к поверхности резания заготовки, перпендикулярная основной плоскости и проходящая через режущую кромку резца.



К секущим плоскостям относятся:

- главная секущая плоскость (ГСП) – плоскость, перпендикулярная главной режущей кромке (ГРК) резца;
- вспомогательная секущая плоскость (ВСП) – плоскость, перпендикулярная вспомогательной режущей кромке (ВРК) резца.



Геометрию резца рассматривают в главной и вспомогательной секущих плоскостях и в плане.

Геометрия токарного резца в главной и вспомогательной секущих плоскостях и в плане

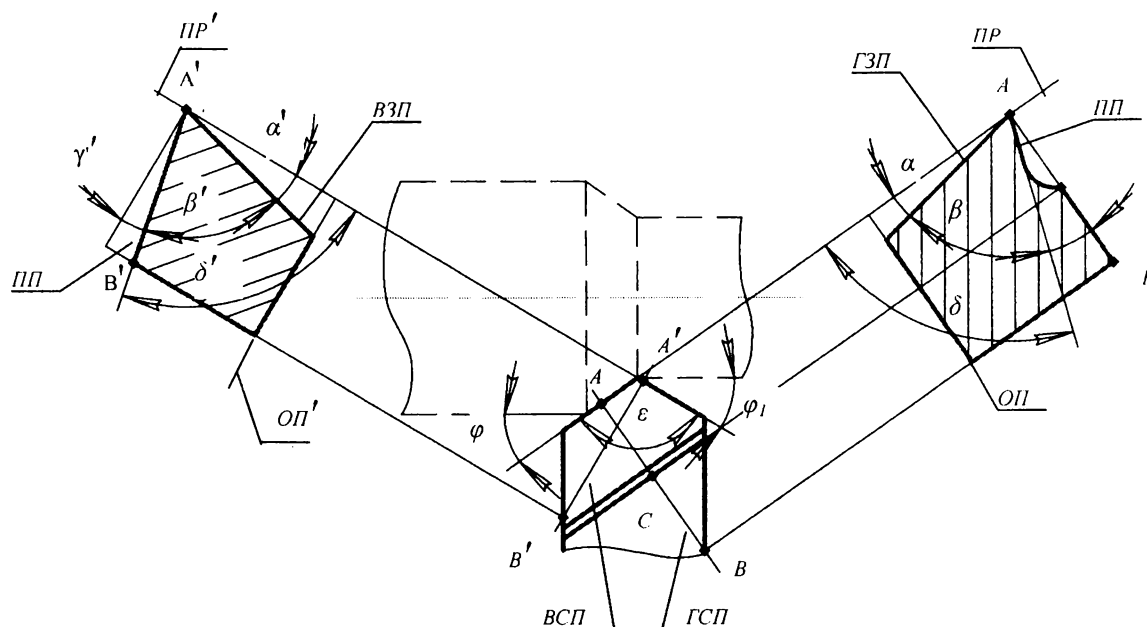


1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.1. Исходные теоретические положения

Главные углы резца рассматривают в главной секущей плоскости (ГСП). К ним относятся:

- главный передний угол (γ) – угол между передней поверхностью (ПП) резца и перпендикуляром к плоскости резания (ПР);
- главный задний угол (α) – угол между плоскостью резания и главной задней поверхностью (ГЗП) резца;
- главный угол заострения (β) – угол между передней и главной задней поверхностями резца;
- главный угол резания (δ) – угол между плоскостью резания и передней поверхностью резца.



Вспомогательные углы резца рассматривают во вспомогательной секущей плоскости (ВСП). Различают:

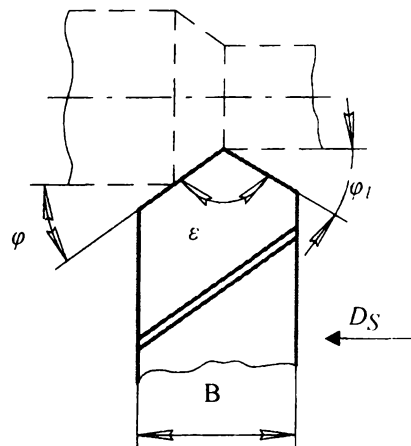
- вспомогательный передний угол (γ') – угол между передней поверхностью резца и перпендикуляром к вспомогательной плоскости резания (ВПР);
- вспомогательный задний угол (α') – угол между вспомогательной плоскостью резания и вспомогательной задней поверхностью (ВЗП) резца;
- вспомогательный угол заострения (β') – угол между передней и вспомогательной задней поверхностями резца;
- вспомогательный угол резания (δ') – угол между вспомогательной плоскостью резания и передней поверхностью резца.

1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.1. Исходные теоретические положения

В плане различают:

- главный угол в плане (φ) – угол между направлением подачи (D_S) и проекцией главной режущей кромки на основную плоскость;
- вспомогательный угол в плане (φ_1) – угол между направлением подачи и проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость;
- угол при вершине (ε) – угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость.



1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.2. Контроль усвоения теоретических положений

Контролирующий тест

Инструкция

Тест состоит из 22 заданий. Выполняйте их последовательно, следуя указаниям.

Указание 1. Завершите утверждения 1 – 6, выбрав один из предлагаемых вариантов окончания.

1. Конструктивным элементом режущей части любого режущего инструмента является режущий клин, ограниченный:
 - а) только передней поверхностью;
 - б) передней и задней поверхностями;
 - в) только задней поверхностью.
2. Передняя поверхность – это поверхность:
 - а) обращенная к обрабатываемой поверхности заготовки;
 - б) перпендикулярная плоскости резания;
 - в) по которой сходит стружка.
3. Задняя поверхность – это поверхность:
 - а) обращенная к обрабатываемой поверхности заготовки;
 - б) перпендикулярная плоскости резания;
 - в) по которой сходит стружка.
4. Плоскость резания:
 - а) параллельна основной плоскости;
 - б) перпендикулярна основной плоскости.
5. Основная плоскость:
 - а) параллельна продольной и поперечной подачам и совпадает с опорной поверхностью резца;
 - б) параллельна плоскости резания и совпадает с опорной поверхностью резца.
6. Главные углы резца рассматриваются:
 - а) в плоскости резания;
 - б) в основной плоскости;
 - в) в главной секущей плоскости.

1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.2. Контроль усвоения теоретических положений

Указание 2. Завершите утверждения с 7 по 18, подбирая в пропущенные строки недостающую информацию.

7. Режущая кромка образуется пересечением _____ и _____ поверхностями.
8. Плоскость резания является касательной к _____ обрабатываемой заготовки, перпендикулярна _____ плоскости и проходит через главную режущую кромку резца.
9. Вспомогательная секущая плоскость перпендикулярна _____ режущей кромке резца.
10. Главная секущая плоскость перпендикулярна _____ режущей кромке резца.
11. Главный передний угол расположен между передней поверхностью резца и _____.
12. Главный задний угол расположен между главной задней поверхностью резца и _____.
13. Главный угол заострения расположен между передней поверхностью резца и _____.
14. Главный угол резания расположен между передней поверхностью резца и _____.
15. Сумма углов в плане ($\varphi + \varphi_1 + \varepsilon$) составляет _____ градусов.
16. Угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи называется _____.
17. Угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость называется _____.
18. Сумма главных углов резца ($\alpha + \beta + \gamma$) составляет _____ градусов.

1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.2. Контроль усвоения теоретических положений

Указание 3. В заданиях с 19 по 22 установите соответствие информации левого и правого столбцов и заполните форму ответа.

19. Соотнесите поверхности заготовки при обработке с их определениями.

ПОВЕРХНОСТИ ЗАГОТОВКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ

1. Обработанная поверхность
2. Обрабатываемая поверхность
3. Поверхность резания

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

- А. Поверхность, по которой снята стружка
- Б. Поверхность, образованная непосредственно режущей кромкой инструмента
- В. Поверхность, с которой снимается стружка

Ответ: 1 — ____; 2 — ____; 3 — ____.

20. Соотнесите названия углов резца и их буквенное обозначение.

БУКВЕННОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ УГЛОВ РЕЗЦА

1. α'
2. β'
3. δ
4. ε
5. γ
6. φ
7. γ'
8. φ_1

НАЗВАНИЯ УГЛОВ РЕЗЦА

- А. Главный передний угол
- Б. Вспомогательный задний угол
- В. Вспомогательный угол заострения
- Г. Главный угол резания
- Д. Главный угол в плане
- Е. Вспомогательный угол в плане
- Ж. Угол при вершине
- З. Вспомогательный передний угол

Ответ: 1 — ____; 2 — ____; 3 — ____; 4 — ____; 5 — ____; 6 — ____; 7 — ____; 8 — ____.

1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.2. Контроль усвоения теоретических положений.

21. Определите, в какой плоскости рассматриваются перечисленные углы резца.

УГЛЫ РЕЗЦА

1. Главные углы резца
2. Углы в плане
3. Вспомогательные углы резца

ПЛОСКОСТИ

- А. Основная плоскость
- Б. Вспомогательная секущая плоскость
- В. Главная секущая плоскость.

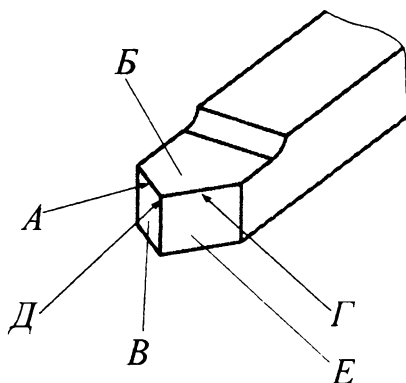
Ответ: 1 — ____; 2 — ____; 3 — ____.

22. Соотнесите названия конструктивных элементов резца с их изображением

НАЗВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЗЦА

1. Передняя поверхность
2. Главная задняя поверхность
3. Вспомогательная задняя поверхность
4. Главная режущая кромка
5. Вспомогательная режущая кромка
6. Вершина резца

ИЗОБРАЖЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЗЦА



Ответ: 1 — ____; 2 — ____; 3 — ____; 4 — ____; 5 — ____; 6 — ____.

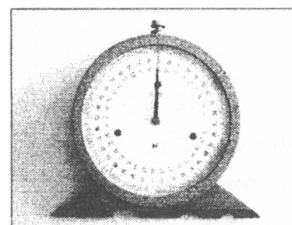
1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.3. Методика выполнения лабораторной работы

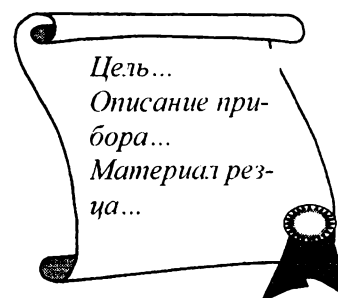
1. Распечатайте с дискеты форму отчета о лабораторной работе. Форма отчета приведена в прил. 1.



2. Получите у преподавателя токарный резец с отогнутой головкой и маятниковый угломер.

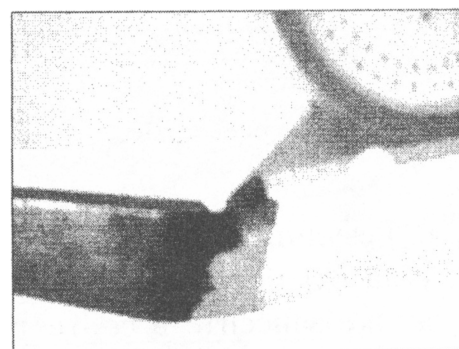
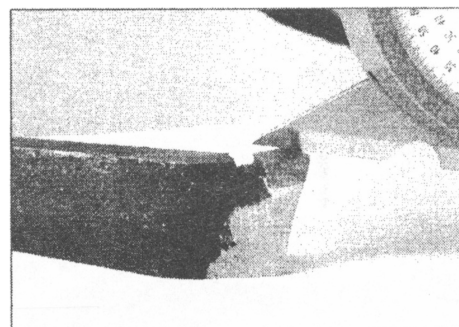


3. В форме отчета запишите цель лабораторной работы, приведите описание угломера (название, пределы измерения и цену деления), а также материал режущей части резца, указанный на державке.

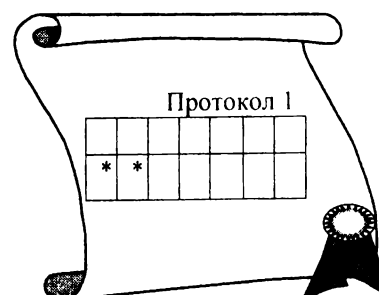


4. Выполните измерения главного переднего угла резца (γ) по фаске и по пластине.

Для этого совместите опорную поверхность маятникового угломера сначала с фаской, а затем с пластиной резца, соблюдая перпендикулярность опорной поверхности угломера и главной режущей кромки резца. Снимите показания угломера.



Результаты измерения углов γ по фаске и по пластине занесите в соответствующие графы протокола 1 отчета о лабораторной работе.

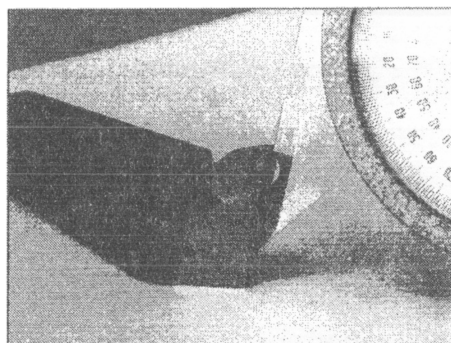
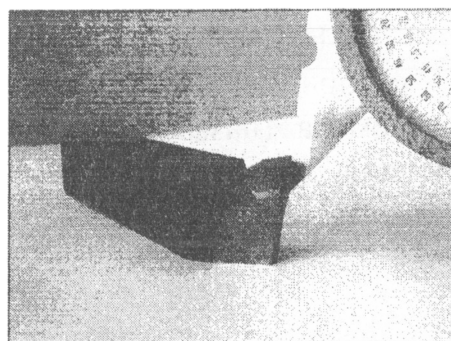
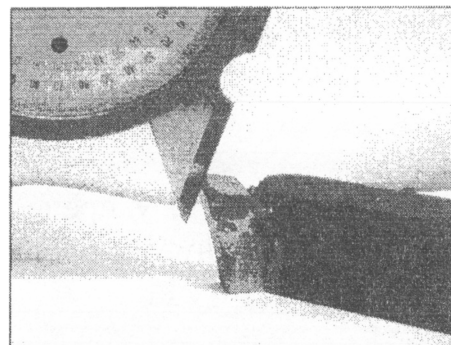


1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.3. Методика выполнения лабораторной работы

5. Выполните измерения главного заднего угла (α) по фаске, по пластине и по державке.

Для этого последовательно совместите опорную поверхность маятникового угломера с главной задней поверхностью резца сначала по фаске, затем по пластине и потом по державке, соблюдая перпендикулярность опорной поверхности угломера и главной режущей кромки резца. Снимите показания угломера.



Результаты измерения главного заднего угла (α) по фаске, по пластине и по державке занесите в соответствующие графы протокола 1 отчета о лабораторной работе.

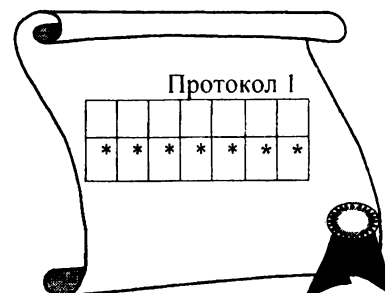
Протокол 1

*	*	*	*	*		

1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.3. Методика выполнения лабораторной работы

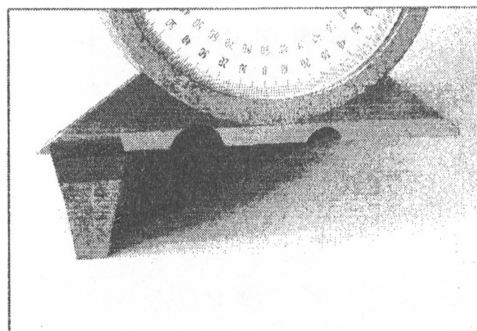
6. Рассчитайте величины главного угла заострения (β) и главного угла резания (δ). Полученные значения углов занесите в протокол 1.



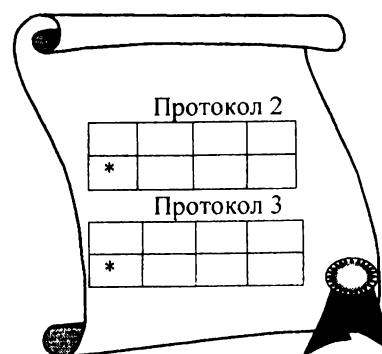
*	*	*	*	*	*	*

7. Выполните измерения вспомогательных передних углов при продольной ($\gamma'_{пр}$) и поперечной ($\gamma'_{поп}$) подачах.

Для этого совместите опорную поверхность маятникового угломера с передней поверхностью резца, выдерживая перпендикулярность опорной поверхности угломера к вспомогательным режущим кромкам. Снимите показания угломера.



Результаты измерений углов $\gamma'_{пр}$ и $\gamma'_{поп}$ внесите в соответствующие графы протоколов 2 и 3.



*			

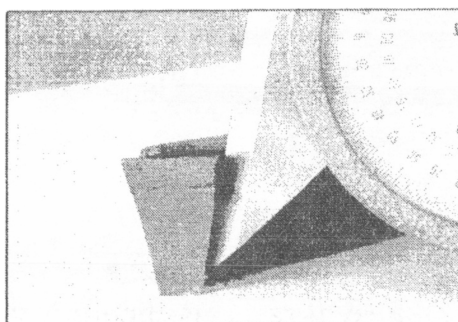
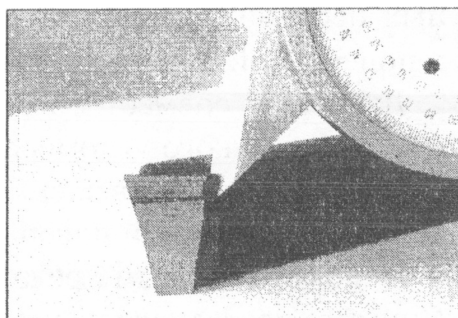
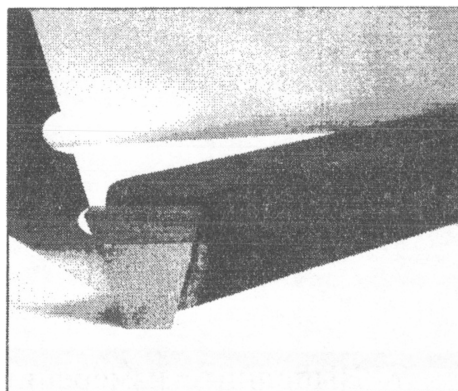
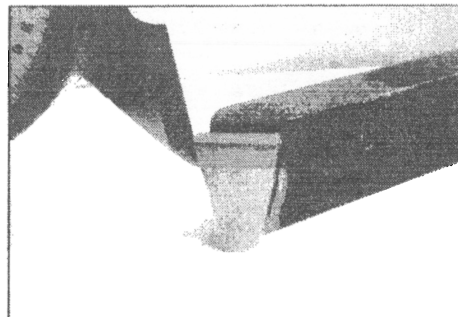
*			

1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.3. Методика выполнения лабораторной работы

8. Выполните измерения вспомогательных задних углов по пластине и державке при продольной подаче (α'_{np}), а затем при поперечной подаче (α'_{non}).

Для выполнения измерений последовательно совместите опорную поверхность маятникового угломера со вспомогательными задними поверхностями резца по пластине и державке, выдерживая перпендикулярность опорной поверхности угломера к вспомогательным режущим кромкам резца.



Результаты измерений углов α'_{np} и α'_{non} внесите в соответствующие графы протоколов 2 и 3.

Протокол 2			
*	*		

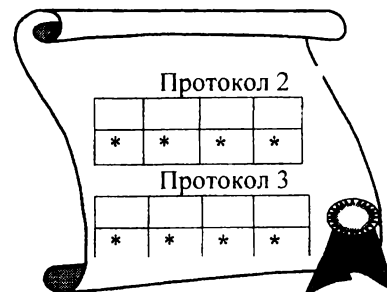
Протокол 3			
*	*		

1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.3. Методика выполнения лабораторной работы

9. Рассчитайте значения вспомогательных углов заострения и углов резания при продольной ($\beta'_{пр}$ и $\delta'_{пр}$) и поперечной ($\beta'_{поп}$ и $\delta'_{поп}$) подачах.

Полученные значения углов внесите в протоколы 2 и 3.



Протокол 2

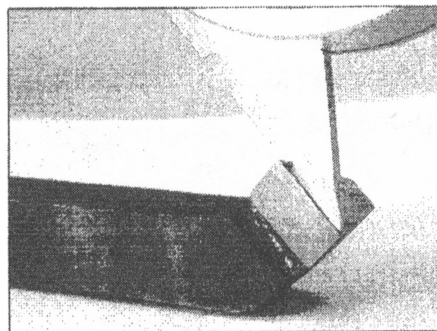
*	*	*	*

Протокол 3

*	*	*	*

10. Выполните измерение главного угла в плане при продольной подаче ($\varphi_{пр}$).

Для выполнения измерений положите резец на правую грань державки, а опорную поверхность маятникового угломера совместите с главной режущей кромкой резца.

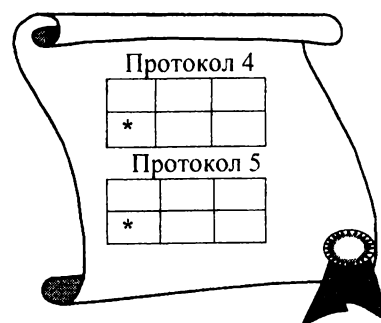


Результат измерения угла $\varphi_{пр}$ внесите в протокол 4.

11. Величину главного угла в плане при поперечной подаче ($\varphi_{поп}$) рассчитайте исходя из того, что сумма углов в треугольнике составляет 180° . Поскольку продольная и поперечная подачи взаимно перпендикулярны, то расчет углов производится в прямоугольном треугольнике:

$$\varphi_{поп} = 180^\circ - (90^\circ + \varphi_{пр}) = 90^\circ - \varphi_{пр}.$$

Рассчитанную величину угла $\varphi_{поп}$ внесите в протокол 5.



Протокол 4

*		

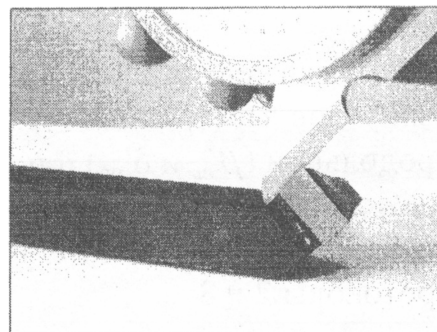
Протокол 5

*		

1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.3. Методика выполнения лабораторной работы

12. Выполните измерение вспомогательного угла в плане при поперечной подаче ($\varphi_{l_{non}}$), для чего, *не изменяя положения резца*, переместите маятниковый угломер до совмещения со вспомогательной режущей кромкой при поперечной подаче.



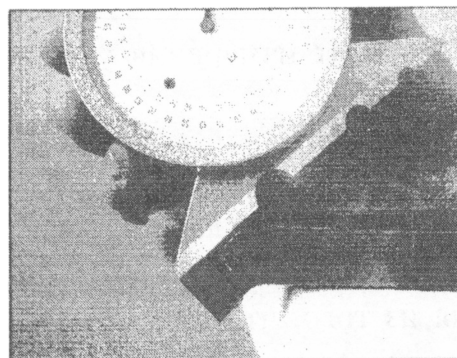
Результат измерения угла $\varphi_{l_{non}}$ внесите в протокол 5.

*		

*	*	

13. Выполните измерение вспомогательного угла в плане при продольной подаче ($\varphi_{l_{np}}$).

Для измерения переверните резец на левую грань державки и поместите его на край стола так, чтобы головка резца свешивалась вниз. Совместите опорную поверхность маятникового угломера со вспомогательной режущей кромкой при продольной подаче.



Результат измерения угла $\varphi_{l_{np}}$ внесите в протокол 4.

*	*	

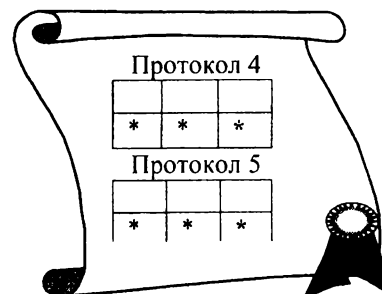
*	*	

1. Лабораторная работа «Конструкция и геометрия токарного резца»

1.3. Методика выполнения лабораторной работы

14. Рассчитайте углы при вершинах резца при продольной (ε_{np}) и поперечной (ε_{nop}) подачах.

Полученные значения углов запишите в протоколы 4 и 5.



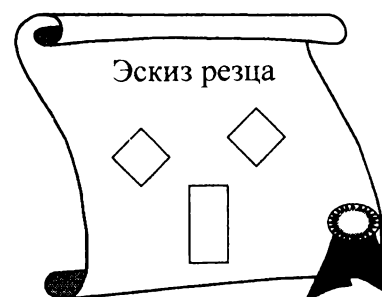
Протокол 4

*	*	*

Протокол 5

*	*	*

15. Зарисуйте эскиз резца с указанием замеренных и рассчитанных углов: изобразите резец в плане и постройте сечения в главной и вспомогательной секущих плоскостях.



16. Сделайте выводы о назначении исследуемого резца с учетом материала его режущей части и геометрических параметров.



Выводы:

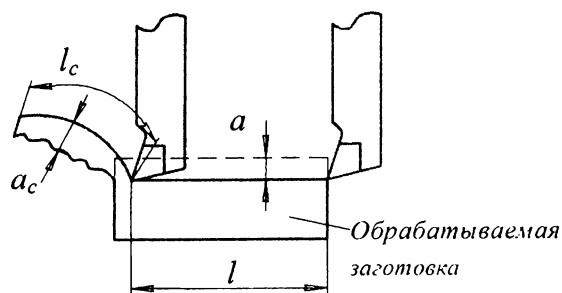
1.
2.
3.

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.1. Исходные теоретические положения

Цель – в процессе выполнения данной лабораторной работы Вы сможете овладеть методикой определения коэффициента усадки стружки с помощью гибкой нити, исследовать зависимость коэффициента усадки стружки от подачи, скорости резания и переднего угла резца.

Усадка стружки является следствием пластической деформации при резании металлов. Внешне она проявляется в том, что длина стружки (l_c) оказывается меньше длины поверхности заготовки (l), с которой она снята, а толщина стружки (a_c) – больше, чем толщина среза (a).



Укорочение стружки по длине относительно длины обработанной поверхности называется продольной усадкой стружки. Величина продольной усадки стружки характеризуется *коэффициентом продольной усадки стружки* (K), который представляет собой отношение длины обработанного участка заготовки (l) к длине стружки (l_c), снятой с этого участка.

$$K = \frac{l}{l_c}$$

Укорочение стружки по длине сопровождается увеличением ее поперечного сечения, в основном за счет толщины сечения среза. Это явление называется поперечной усадкой стружки. *Коэффициент поперечной усадки стружки* (K_n) определяется отношением толщины стружки (a_c) к толщине среза (a).

$$K_n = \frac{a_c}{a}$$

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.1. Исходные теоретические положения

Коэффициенты продольной и поперечной усадки стружки приблизительно равны между собой и всегда больше единицы при обычном (не сверхскоростном) резании металлов.

$$K \approx K_n > 1$$

На величину K влияют следующие условия резания (УР): *свойства обрабатываемого материала, элементы режима резания, геометрия режущего клина.*

$$K = f(УР)$$

Чем пластичнее металл, т.е. чем больше его вязкость и меньше твердость, тем больше степень пластической деформации ($СмПД$) при резании и больше величина K . Так, у низко- и среднеуглеродистой стали $K=1,5-3$, у меди – 5–6.

Свойства обрабатываемого материала



Пластичность $\downarrow \rightarrow СмПД \downarrow \rightarrow l_c \uparrow \rightarrow K \downarrow$

Хрупкие материалы (чугун, бронза и т.п.) характеризуются малыми величинами K . Например, у чугуна $K=1,1-1,5$.

С увеличением переднего угла (γ) уменьшаются степень пластической деформации срезаемого слоя, а также силы трения между стружкой и передней поверхностью инструмента, что приводит к уменьшению величины K .

Геометрия режущего клина

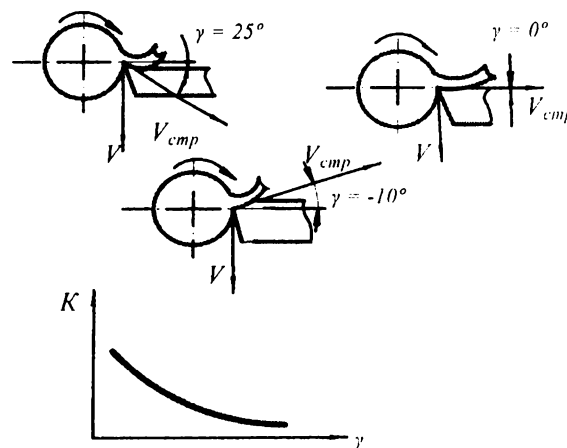


$\gamma \uparrow \rightarrow СмПД \downarrow \rightarrow l_c \uparrow \rightarrow K \downarrow$

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.1. Исходные теоретические положения

При уменьшении переднего угла (γ) увеличивается угол между векторами скорости резания (V) и скорости схода стружки ($V_{сгр}$). В этом случае режущий клин сильнее деформирует стружку при отводе ее из зоны резания по передней поверхности.



Увеличение главного угла в плане (φ) приводит к увеличению толщины срезаемого слоя ($a = S_o \cdot \sin \varphi$) и уменьшению степени его пластической деформации, что влечет за собой уменьшение величины K .

$$\varphi \uparrow \rightarrow a \uparrow \rightarrow C_{тПД} \downarrow \rightarrow l_c \uparrow \rightarrow K \downarrow$$

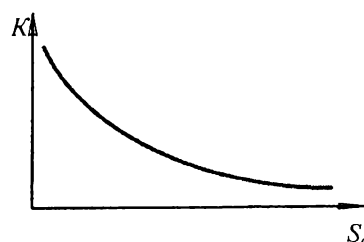
Увеличение подачи (S_o), в свою очередь, связано с увеличением толщины срезаемого слоя ($a = S_o \cdot \sin \varphi$), что вызывает уменьшение степени пластической деформации в срезаемом слое и приводит к уменьшению величины K .

Чем толще стружка, тем меньше она пластически деформируется.

Элементы режима резания



$$S_o \uparrow \rightarrow a \uparrow \rightarrow C_{тПД} \downarrow \rightarrow l_c \uparrow \rightarrow K \downarrow$$



2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.1. Исходные теоретические положения

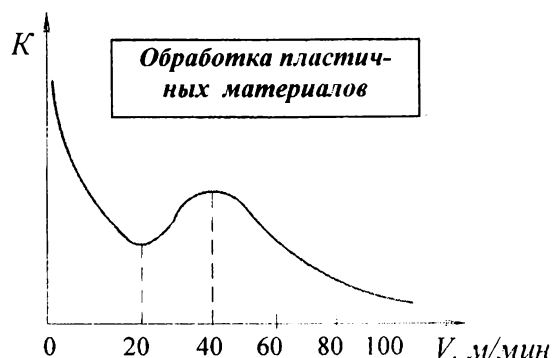
Влияние скорости резания на усадку стружки опосредовано свойствами обрабатываемого материала. Если обрабатывается *пластичный материал* (например, сталь 40), дающий сливную стружку, то зависимость усадки стружки от скорости резания имеет неоднозначный характер в различных интервалах скоростей.

При увеличении скорости резания от 5 до 20–25 м/мин степень пластической деформации и величина K уменьшаются, т.к. растет нарост (H_n) на передней поверхности инструмента, который увеличивает фактический передний угол (γ_n).

Начиная со скорости 20–25 м/мин высота нароста уменьшается, фактический передний угол уменьшается, что увеличивает степень пластической деформации и величину K .

На скоростях 40–50 м/мин нарост исчезает, передний угол принимает свое номинальное значение, степень пластической деформации и величина K достигают максимума.

При дальнейшем увеличении скорости резания степень пластической деформации и величина K уменьшаются, т.к. растет температура резания, подрезцовый слой стружки размягчается и начинает играть роль твердой смазки. Уменьшается коэффициент трения, что облегчает процесс резания.



Если $V = 5 - 20 \text{ м/мин}$

$V \uparrow \rightarrow H_n \uparrow \rightarrow \gamma_n \uparrow \rightarrow \text{СтПД} \downarrow \rightarrow l_c \uparrow \rightarrow K \downarrow$

Если $V = 20 - 40 \text{ м/мин}$

$V \uparrow \rightarrow H_n \downarrow \rightarrow \gamma_n \downarrow \rightarrow \text{СтПД} \uparrow \rightarrow l_c \downarrow \rightarrow K \uparrow$

Если $V > 40 \text{ м/мин}$

$V \uparrow \rightarrow \text{СтПД} \downarrow \rightarrow l_c \uparrow \rightarrow K \downarrow$

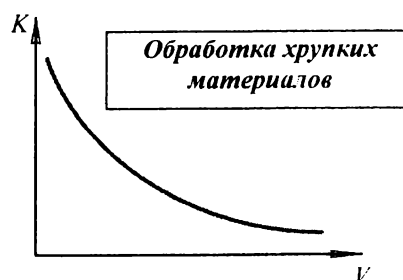
Указанные величины скорости резания, соответствующие максимуму и минимуму величины K , могут несколько смещаться в зависимости от условий резания.

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.1. Исходные теоретические положения

При обработке *хрупких материалов* (например, серых чугунов), дающих стружку скалывания, зависимость коэффициента усадки стружки от скорости резания имеет однозначный характер во всех интервалах скоростей. Это объясняется отсутствием нароста при обработке хрупких и твердых материалов.

С увеличением скорости резания при обработке хрупких материалов степень пластической деформации уменьшается, что приводит к уменьшению величины K .



$$V \uparrow \rightarrow C_{mПД} \downarrow \rightarrow l_c \uparrow \rightarrow K \downarrow$$

Увеличение глубины резания (t) приводит к увеличению ширины срезаемого слоя $\left(b = \frac{t}{\sin \varphi}\right)$ и снижению степени пластической деформации, что влечет за собой удлинение стружки и уменьшение величины K . Отмеченная зависимость характерна для резания с малыми сечениями среза, т.е. для чистовых и получистовых операций.

$$t \uparrow \rightarrow b \uparrow \rightarrow C_{mПД} \downarrow \rightarrow l_c \uparrow \rightarrow K \downarrow$$

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.2. Контроль усвоения теоретических положений

Контролирующий тест

Инструкция

Тест состоит из 11 заданий. Выполняйте их последовательно, следуя указаниям.

Указание 1. Завершите утверждения 1 – 5, выбрав один из предлагаемых вариантов окончания.

1. В результате явления усадки, длина стружки при резании металлов оказывается:
 - а) больше длины обработанной поверхности;
 - б) равна длине обработанной поверхности;
 - в) меньше длины обработанной поверхности.
2. Величина коэффициента продольной усадки стружки:
 - а) $K > 1$;
 - б) $K < 1$;
 - в) $K = 1$.
3. С увеличением переднего угла режущего клина величина K :
 - а) увеличивается;
 - б) уменьшается;
 - в) остается неизменной.
4. С увеличением вязкости обрабатываемого материала величина K :
 - а) увеличивается;
 - б) уменьшается;
 - в) остается неизменной.
5. При обработке хрупких материалов с увеличением скорости резания величина K :
 - а) увеличивается;
 - б) уменьшается;
 - в) остается неизменной.

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.2. Контроль усвоения теоретических положений

Указание 2. Завершите утверждения с 6 по 9, подбирая в пропущенные строки недостающую информацию.

6. На величину K влияют следующие условия резания: свойства обрабатываемого материала, элементы режима резания и _____.

7. С увеличением подачи толщина срезаемого слоя увеличивается, степень пластической деформации _____. Это приводит к тому, что величина K _____.

8. Увеличение глубины резания приводит к тому, что ширина срезаемого слоя _____, степень пластической деформации _____ и величина K _____.

9. Укорочение стружки по длине сопровождается увеличением ее _____.

Указание 3. В заданиях 10 и 11 установите соответствие информации левого и правого столбцов и заполните формы ответов.

10. Соотнесите интервалы скоростей резания и ход кривой, описывающей зависимость величины K от скорости резания при обработке пластичных материалов.

ИНТЕРВАЛЫ СКОРОСТЕЙ РЕЗАНИЯ

1. $V = 5 - 20$ м/мин
2. $V = 20 - 50$ м/мин
3. $V \geq 50$ м/мин

ХОД КРИВОЙ ПО ИНТЕРВАЛАМ СКОРОСТЕЙ

- А. $V \uparrow \rightarrow C_{mПД} \downarrow \rightarrow l_c \uparrow \rightarrow K \downarrow$
- Б. $V \uparrow \rightarrow H_{\pi} \uparrow \rightarrow \gamma_{\pi} \uparrow \rightarrow C_{mПД} \downarrow \rightarrow l_c \uparrow \rightarrow K \downarrow$
- В. $V \uparrow \rightarrow H_{\pi} \downarrow \rightarrow \gamma_{\pi} \downarrow \rightarrow C_{mПД} \uparrow \rightarrow l_c \downarrow \rightarrow K \uparrow$

Ответ: 1 – _____; 2 – _____; 3 – _____.

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.2. Контроль усвоения теоретических положений

11. Выберите для расчета коэффициентов продольной и поперечной усадки стружки соответствующую формулу.

КОЭФФИЦИЕНТЫ УСАДКИ СТРУЖКИ

1. K

2. K_n

ФОРМУЛЫ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ УСАДКИ СТРУЖКИ

А. $\frac{a_c}{a} = ?$

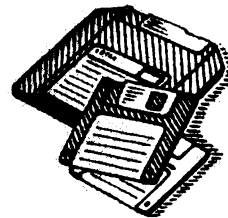
Б. $\frac{l}{l_c} = ?$

Ответ: 1 – _____; 2 – _____.

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.3. Методика выполнения лабораторной работы

1. Распечатайте с дискеты форму отчета о лабораторной работе (прил.2).



2. Получите у преподавателя исходные данные к лабораторной работе.

3. В форме отчета укажите цель лабораторной работы, опишите используемое оборудование, материал обрабатываемого бруска, измерительные приборы.



4. Ознакомьтесь с лабораторной установкой. Лабораторная установка может быть создана на базе горизонтально-фрезерного станка. В шпиндель станка устанавливается токарный резец с отогнутой головкой. Таким образом, имитируется «фреза», имеющая один зуб. Диаметр импровизированной «фрезы» является диаметр окружности, описываемой вершиной резца при вращении.

Ознакомьтесь с
лабораторной
установкой!



Обрабатываемой деталью служит алюминиевый брусок, установленный и закрепленный на столе станка.

При вращении шпинделя резец, описывая окружность, снимает стружку по высоте обрабатываемого бруска. Следовательно, длина обработанной поверхности равна высоте бруска (h).

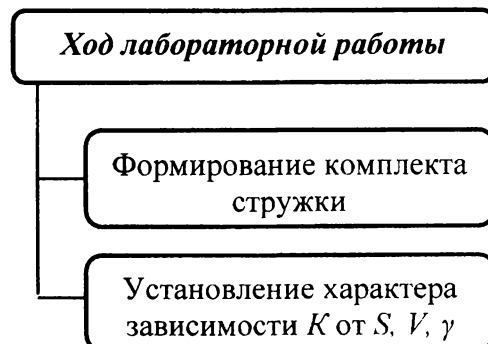
$$l = h$$

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.3. Методика выполнения лабораторной работы

5. Выполнение лабораторной работы осуществляйте в следующей последовательности:

- формирование комплекта стружки для исследования;
- установление характера зависимости величины K от подачи, скорости резания и переднего угла резца.



6. Эксперимент по формированию комплекта стружки выполняйте в три этапа.

1-й этап. Для исследования зависимости K от оборотной подачи (S_o) сформируйте комплект стружки, изменяя величину подачи на оборот, сохраняя постоянными глубину резания (t), число оборотов шпинделя (n), передний угол (γ).

$$K = f(S_o)$$

$$\gamma, n, t - \text{const}$$
$$S_o - \text{var}$$

Для этого на станке последовательно установите пять величин минутных подач. На каждой величине подачи проведите процесс резания. Стружку улавливайте в совок-накопитель, поднося его к зоне резания со стороны схода стружки.

Внимание! Стружки, снятые на больших подачах отличаются большей длиной и толщиной



Стружки, снятые на каждой подаче, высыпайте в отдельную коробочку экспериментального комплекта.

Все коробочки для стружки в экспериментальном комплекте закреплены на одном основании и имеют указание, соответствующее этапу эксперимента. Указанием первого этапа является запись: $K=f(S)$.

$K=f(S)$	
$K=f(V)$	
$K=f(\gamma)$	

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.3. Методика выполнения лабораторной работы

2-й этап. Для исследования зависимости K от скорости резания (V) сформируйте комплект стружки, изменяя величину числа оборотов станка (n) и сохраняя постоянными глубину резания (t), подачу на оборот (S_o), передний угол (γ).

Для этого на станке последовательно установите пять величин чисел оборотов шпинделя. Для каждого числа оборотов устанавливайте соответствующую величину минутной подачи и производите снятие стружки. Стружку улавливайте в совок-накопитель, поднося его к зоне резания со стороны схода стружки.

Стружки, снятые на каждом числе оборотов шпинделя, высыпайте в отдельную коробочку экспериментального комплекта в строке с надписью: $K=f(V)$.

3-й этап. Для исследования зависимости K от величины переднего угла (γ), сформируйте комплект стружек, изменяя величину переднего угла и сохраняя постоянными глубину резания (t), подачу на оборот (S_o) и число оборотов станка (n).

Для этого на станке последовательно установите и закрепите четыре резца с уменьшающимися передними углами. При установке каждого резца произведите снятие стружки. Стружку улавливайте в совок-накопитель, поднося его к зоне резания со стороны схода стружки.

$$K = f(V)$$

$$\gamma, S_o, t - \text{const} \\ n (V) - \text{var}$$

Внимание! Стружки, снятые на больших скоростях резания, отличаются большей длиной.



$K=f(S)$	
$K=f(V)$	
$K=f(\gamma)$	

$$K = f(\gamma)$$

$$n, S_o, t - \text{const} \\ \gamma - \text{var}$$

$$\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_3 >$$

Внимание! Стружки, снятые резцами с большими передними углами, отличаются большей длиной.



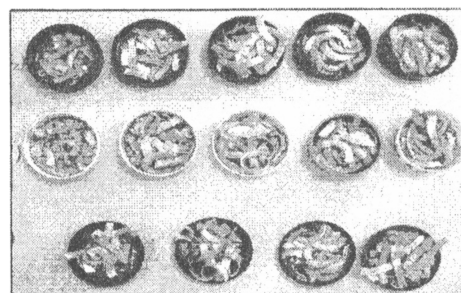
2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.3. Методика выполнения лабораторной работы

Полученные четыре набора стружек разместите в отдельных коробочках экспериментального комплекта в строке с надписью: $K=f(\gamma)$.

$K=f(S)$	
$K=f(V)$	
$K=f(\gamma)$	

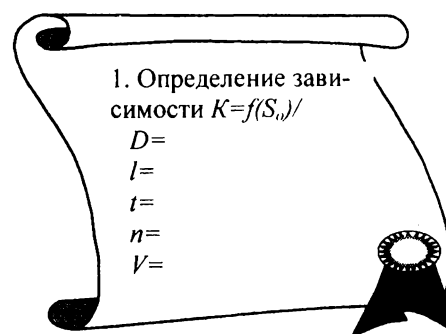
Формирование комплекта стружки на этом завершается.



7. Установите зависимость коэффициента усадки стружки от подачи, скорости резания и величины переднего угла.

7.1. Установите зависимость K от величины подачи на оборот (S_o). Для этого:

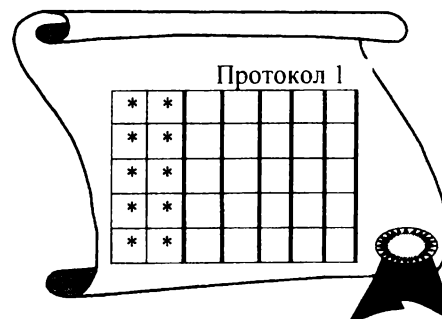
- внесите в первый раздел отчета о лабораторной работе исходные данные первого этапа эксперимента: диаметр окружности, описываемой вершиной резца при вращении (D); длину обработанной поверхности (l); глубину резания (t); число оборотов станка (n) и соответствующую скорость резания;



2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.3. Методика выполнения лабораторной работы

- в протокол 1 внесите значения минутной подачи, на которой снималась стружка на первом этапе эксперимента. Для каждой величины минутной подачи рассчитайте и внесите в протокол соответствующее значение подачи на оборот;



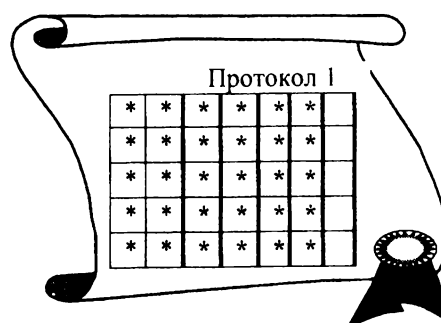
- измерьте длину любых трех стружек, находящихся в каждой из пяти коробочек первого ряда экспериментального комплекта.

Измерение длины стружки выполняйте с помощью гибкой нити (тонкой проволоки).

Гибкую нить прикладывайте к гладкой поверхности стружки и обрезайте ее по размеру. Полученный отрезок гибкой нити измеряйте миллиметровой линейкой;



- измеренную длину каждой стружки внесите в соответствующие графы протокола 1;



- рассчитайте и внесите в протокол 1 среднюю длину (l_{cp}) каждой триады стружек;

Внимание!

$$l_{cp} = \frac{l_{c1} + l_{c2} + l_{c3}}{3}$$



2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.3. Методика выполнения лабораторной работы

- рассчитайте коэффициенты усадки стружки для каждой средней длины каждой триады стружек;

Внимание!

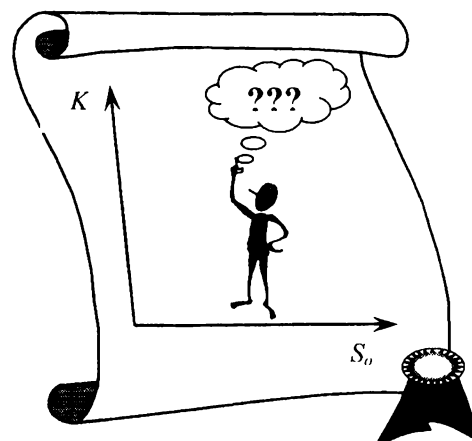
$$K = \frac{l}{l_{cp}}$$


- значения коэффициентов занесите в последнюю графу протокола 1;

Протокол 1

*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*

- по данным протокола 1 постройте в двойных координатах графическую зависимость K от величины подачи на оборот (S_o).



7.2. Установите зависимость K от скорости резания (V). Для этого:

- занесите во второй раздел отчета о лабораторной работе исходные данные второго этапа эксперимента: диаметр окружности, описываемой вершиной резца при вращении (D); длину обработанной поверхности (l); глубину резания (t);

2. Определение зависимости $K=f(V)$

$D=$

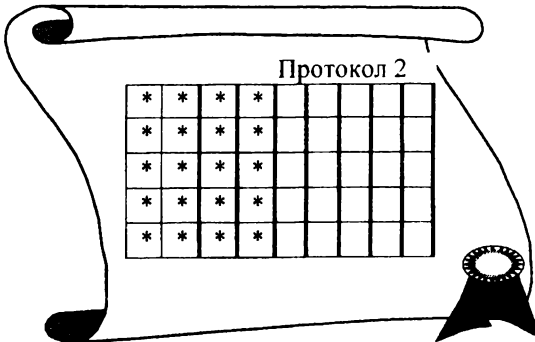
$l=$

$t=$

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.3. Методика выполнения лабораторной работы

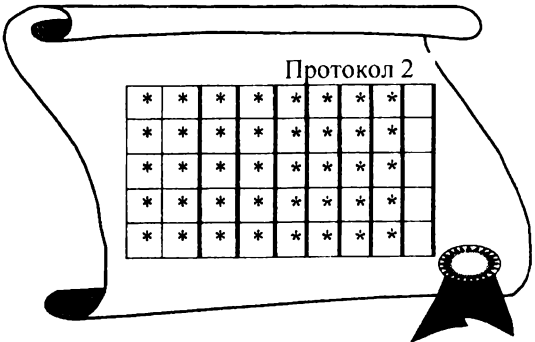
● в протокол 2 внесите значения изменяющихся чисел оборотов шпинделя (n) и соответствующей минутной подачи ($S_{мин}$), на которых снималась стружка на втором этапе эксперимента. Для каждого значения числа оборотов шпинделя и минутной подачи рассчитайте и внесите в протокол соответствующие значения скорости резания (V) и подачи на оборот (S_o);



Протокол 2

*	*	*	*						
*	*	*	*						
*	*	*	*						
*	*	*	*						
*	*	*	*						

● замерьте длину любых трех стружек, находящихся в каждой из пяти коробочек второго ряда экспериментального комплекта. Измеренную длину каждой стружки внесите в соответствующие графы протокола 2;



Протокол 2

*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

● рассчитайте и внесите в протокол 2 среднюю длину (l_{cp}) каждой триады стружек;

Внимание!

$$l_{cp} = \frac{l_{c1} + l_{c2} + l_{c3}}{3}$$



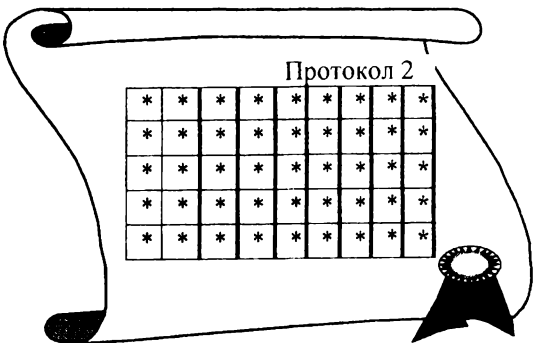
● рассчитайте коэффициенты усадки стружки для каждой средней длины каждой триады стружек;

Внимание!

$$K = \frac{l}{l_{cp}}$$



● значения коэффициентов занесите в последнюю графу протокола 2;



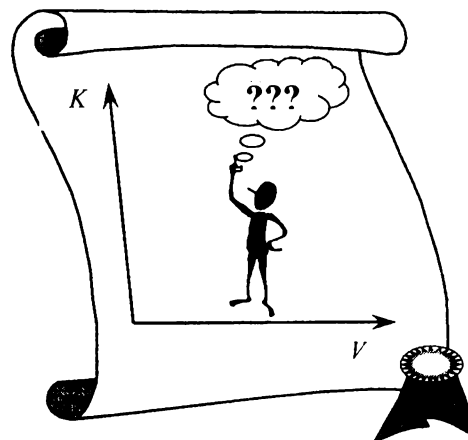
Протокол 2

*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

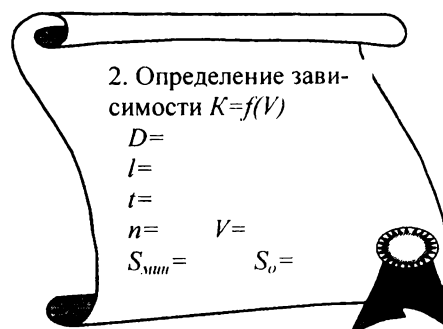
2.3. Методика выполнения лабораторной работы

- по данным протокола 2 постройте в двойных координатах графическую зависимость K от величины скорости резания (V).

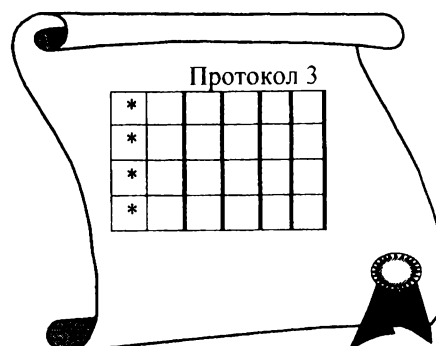


7.3. Установите зависимость K от переднего угла резца (γ). Для этого:

- занесите в третий раздел отчета о лабораторной работе исходные данные третьего этапа эксперимента: диаметр окружности, описываемой вершиной резца при вращении (D); длину обработанной поверхности (l); глубину резания (t), число оборотов шпинделя (n) и соответствующую скорость резания (V), минутную подачу ($S_{мин}$) и соответствующую подачу на оборот (S_o);



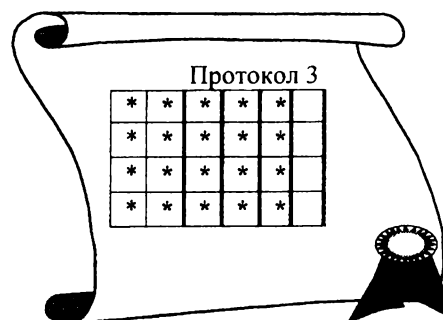
- в протокол 3 внесите значения изменяющихся величин переднего угла (γ), при которых снималась стружка на третьем этапе эксперимента;



2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.3. Методика выполнения лабораторной работы

- замерьте длину любых трех стружек, находящихся в каждой из четырех коробочек третьего ряда экспериментального комплекта. Измеренную длину каждой стружки занесите в соответствующие графы протокола 3;



- рассчитайте и внесите в протокол 3 среднюю длину (l_{cp}) каждой триады стружек;

Внимание!

$$l_{cp} = \frac{l_{c1} + l_{c2} + l_{c3}}{3}$$


- рассчитайте коэффициенты усадки стружки для каждой средней длины каждой триады стружек;

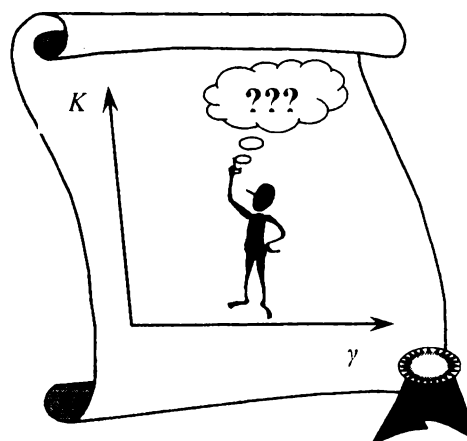
Внимание!

$$K = \frac{l}{l_{cp}}$$


- значения коэффициентов внесите в последнюю графу протокола 3;



- по данным протокола 3 постройте в двойных координатах графическую зависимость K от величины переднего угла (γ).



2. Лабораторная работа «Усадка стружки»

2.3. Методика выполнения лабораторной работы

8. На основании анализа полученных зависимостей сделайте выводы о характере изменения коэффициента линейной усадки стружки в зависимости от увеличения подачи на оборот, скорости резания и переднего угла резца. Полученные выводы сопоставьте с положениями теории.



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.1. Исходные теоретические положения

Цель – в процессе выполнения данной лабораторной работы. Вы сможете овладеть методикой измерения сил резания с помощью электрического динамометра, исследовать зависимость силы P_z от подачи и глубины резания, вывести частный вид эмпирической формулы для расчета величины силы P_z при точении.

При резании металлов режущий инструмент воздействует на заготовку с определенной силой R' . Сила R' уравновешивается сопротивлением обрабатываемого материала заготовке режущему клину. Таким образом, со стороны заготовки на инструмент действует сила, равная по величине силе R' и противоположная ей по направлению ($R=R'$). В теории резания металлов с помощью лабораторных измерений определяют силу, действующую на инструмент (R).



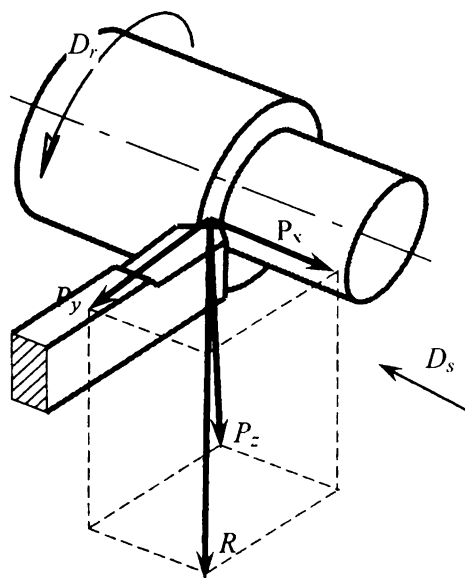
Сила действия равна по величине силе противодействия и противоположна ей по направлению

Для практических целей используется не сама сила R , а ее три составляющие P_x , P_y , P_z . Они находятся как проекции вектора R на оси координат x , y , z . Выбор осей совпадает с направлением главного движения и движения подачи. При этом каждая составляющая силы R получает определенный технологический смысл:

- P_z – тангенциальная сила. Действует при точении на резец в направлении главного движения (D_r) по касательной к поверхности резания заготовки;

- P_y – радиальная сила. Стремится оттолкнуть резец от заготовки;

- P_x – осевая сила. Действует параллельно оси заготовки и направлена навстречу движению подачи (D_s).



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.1. Исходные теоретические положения

Из трех составляющих наибольшая по величине сила P_z , а наименьшая, как правило, сила P_y .

При точении

$$P_y \approx (0,2 - 0,3)P_z$$
$$P_x \approx (0,4 - 0,5)P_z$$



Величина силы R рассчитывается в соответствии со значениями всех трех ее составляющих.

$$R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}$$

На величину P_z , P_x , P_y влияют следующие условия резания (УР):

- свойства обрабатываемого материала;
- элементы режима резания;
- геометрия режущего клина.

$$P_z, P_x, P_y = f(\text{УР})$$

Чем больше у вязких материалов предел прочности на разрыв (σ_B) и чем больше твердость (HB) у хрупких материалов, тем больше величина P_z , P_x , P_y .

Свойства обрабатываемого материала

$$\sigma_B \uparrow \rightarrow P_z, P_x, P_y \uparrow$$
$$HB \uparrow \rightarrow P_z, P_x, P_y \uparrow$$



С увеличением переднего угла (γ) уменьшается степень пластической деформации (СтПД) срезаемого слоя, что приводит к уменьшению величин P_z , P_x , P_y .

Геометрия режущего клина

$$\gamma \uparrow \rightarrow \text{СтПД} \downarrow \rightarrow P_z, P_x, P_y \downarrow$$



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.1. Исходные теоретические положения

Уменьшение заднего угла (α) увеличивает контакт задней поверхности (ЗП) режущего клина с обрабатываемой деталью, что приводит к увеличению сил трения и величины P_z , P_x , P_y .

$$\alpha \downarrow \rightarrow \text{контакт ЗП} \uparrow \rightarrow P_z, P_y \downarrow, P_x \uparrow$$

Интенсивность влияния α на силы резания невелика: увеличение α от 2° до 10° увеличивает P_z на 6%, а P_y на 17%. Дальнейшее увеличение α на силы резания не влияет.

Увеличение главного угла в плане (φ) приводит к увеличению толщины срезаемого слоя ($a = S_o \cdot \sin \varphi$) и уменьшению степени его пластической деформации, что влечет за собой уменьшение величин P_z и P_y .

$$\varphi \uparrow \rightarrow a \uparrow \rightarrow \text{СмПД} \downarrow \rightarrow P_z, P_y \downarrow$$

Наряду с этим, увеличение φ приводит к уменьшению ширины срезаемого слоя $\left(b = \frac{t}{\sin \varphi}\right)$, что влечет за собой увеличение силы P_x .

$$\varphi \uparrow \rightarrow b \downarrow \rightarrow P_x \uparrow$$

Увеличение глубины резания (t) и подачи (S_o) связано с увеличением площади поперечного сечения среза, что вызывает большее сопротивление обрабатываемого материала резанию и приводит к увеличению P_z , P_x , P_y .

Увеличение t в большей степени влияет на рост сил резания, чем увеличение S_o , т.к. увеличиваются активная длина режущей кромки, нормальное давление и силы трения по задней поверхности режущего клина.

Элементы режима
резания

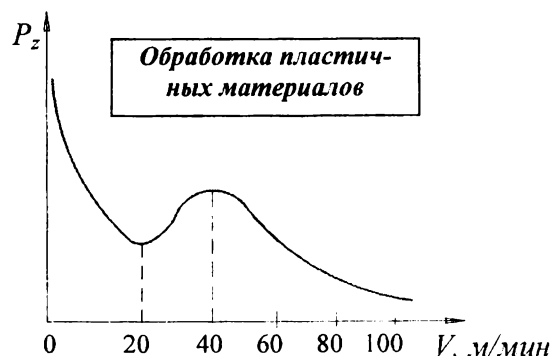
$$S_o, t \uparrow \rightarrow f \uparrow \rightarrow P_z, P_x, P_y \uparrow$$



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.1. Исходные теоретические положения

Влияние скорости резания на P_z , P_x , P_y опосредовано свойствами обрабатываемого материала. Если обрабатывается *пластичный материал* (например, сталь 40Х), дающий сливную стружку, то зависимость P_z , P_x , P_y от скорости резания имеет сложный неоднозначный характер в различных интервалах скоростей.



При увеличении скорости резания от 5 до 20–25 м/мин степень пластической деформации ($СтПД$) и величины P_z , P_x , P_y уменьшаются, т.к. растет нарост (H_n) на передней поверхности инструмента, который увеличивает фактический передний угол (γ_n).

Если $V = 5 - 20 \text{ м/мин}$

$V \uparrow \rightarrow H_n \uparrow \rightarrow \gamma_n \uparrow \rightarrow СтПД \downarrow \rightarrow P_z, P_x, P_y \downarrow$

Начиная со скорости 20–25 м/мин высота нароста уменьшается, фактический передний угол уменьшается, что увеличивает степень пластической деформации и величины P_z , P_x , P_y .

Если $V = 20 - 40 \text{ м/мин}$

$V \uparrow \rightarrow H_n \downarrow \rightarrow \gamma_n \downarrow \rightarrow СтПД \uparrow \rightarrow P_z, P_x, P_y \uparrow$

На скоростях резания 40–50 м/мин нарост почти исчезает, передний угол принимает свое номинальное значение, степень пластической деформации и величины P_z , P_x , P_y достигают максимума.

При дальнейшем увеличении скорости резания степень пластической деформации и величины P_z , P_x , P_y уменьшаются, т.к. растет температура резания, что уменьшает коэффициент трения между стружкой и режущим клином.

Если $V \geq 40 \text{ м/мин}$

$V \uparrow \rightarrow СтПД \downarrow \rightarrow P_z, P_x, P_y \downarrow$

Указанные величины скорости резания, соответствующие максимуму и минимуму величины P_z , могут несколько смещаться в зависимости от величины переднего угла (γ).

3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.1. Исходные теоретические положения

При обработке *хрупких материалов* (например, серых чугунов), дающих элементную стружку, зависимость коэффициента усадки стружки от скорости резания имеет вид плавной кривой во всех интервалах скоростей. Это объясняется отсутствием нароста при обработке хрупких и твердых материалов.

С увеличением скорости резания степень пластической деформации уменьшается, что приводит к уменьшению величины сил резания.

Аналогично выглядит эта зависимость для материалов, не склонных к наростообразованию: меди, жаропрочных и нержавеющей сталей и сплавов, титановых сплавов.

Величину сил резания измеряют с помощью *динамометров*.

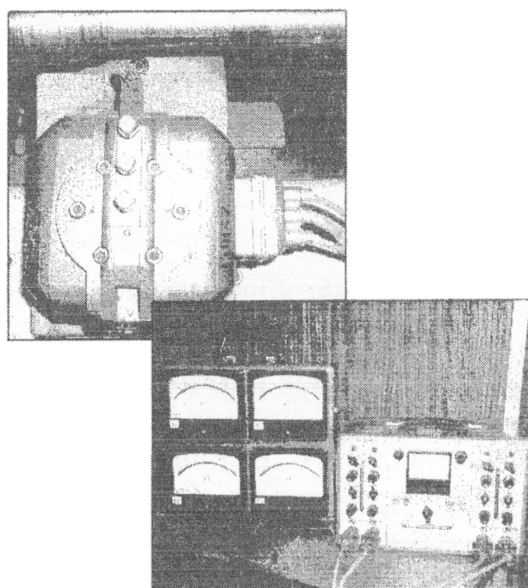
Динамометры подразделяются на гидравлические, механические и электрические.

В данной лабораторной работе используется *электрический динамометр*, который преобразует механические воздействия сил резания в измеряемые электрические величины. Преобразование осуществляется с помощью электрических датчиков.

Различают емкостные, индуктивные, тензометрические и пьезоэлектрические датчики. По виду датчика конкретизируется название электрического динамометра.



$$V \uparrow \rightarrow C_{mПД} \downarrow \rightarrow P_z, P_x, P_y \downarrow$$



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.1. Исходные теоретические положения

В зависимости от количества измеряемых сил резания, динамометры бывают одно-, двух- или трехкомпонентными

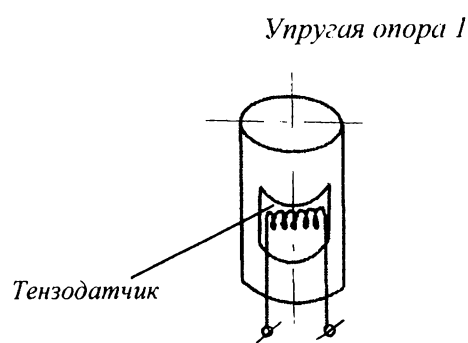
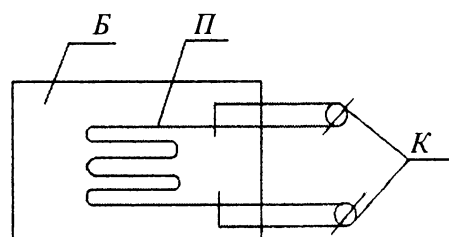
Рассмотрим работу электрического динамометра с проволочными тензодатчиками, который будет использоваться в данной лабораторной работе.

Тензодатчик представляет собой проволочку (*П*), уложенную в форме змеевика и помещенную между двумя склеенными полосками тонкой бумаги (*Б*) или диэлектрической фольги.

К концам проволочки припаивают вводные концы (*К*).

Проволочка изготавливается из специального сплава (нихром, константан и др.), который обладает способностью изменять электрическое сопротивление при деформации и имеет малый диаметр (0,015–0,06 мм).

Работа тензодатчика основана на способности металлического проводника изменять свое омическое сопротивление при деформации. Изменение сопротивления происходит за счет изменения длины, поперечного сечения и удельного сопротивления проводника.



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.1. Исходные теоретические положения

Датчик включается в электрическую цепь, представляющую собой мостик сопротивления на переменном или постоянном токе. Например, на постоянном токе в ветвях мостика подключены: рабочий датчик (Д), датчик температурной компенсации (Д_т) и нагрузочные сопротивления (R₁ и R₂). По диагонали подключен миллиамперметр (mA).

В исходный момент сопротивления в ветвях мостика равны между собой:

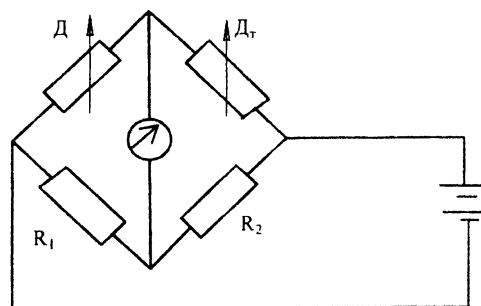
$$D = D_t = R_1 = R_2.$$

При этом миллиамперметр, включенный в цепь по диагонали, показывает ноль.

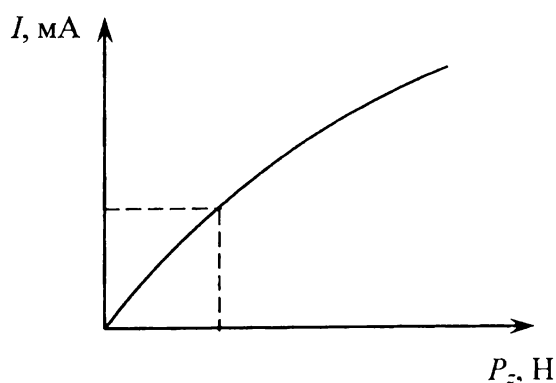
При изменении сопротивления датчика (Д), вызванного его деформацией, наблюдается различное падение напряжения в ветвях мостика. Это вызовет изменение силы тока и напряжения по диагонали мостика, что и зафиксируется миллиамперметром.

Чем больше силы резания, тем больше деформируется деталь (упругая опора), на которую наклеен датчик, и тем больше деформация датчика, изменение его сопротивления и силы тока в цепи.

С помощью тарировочного графика определяется величина силы резания, соответствующая изменившейся силе тока.



$$I = \frac{U}{R}$$



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.1. Исходные теоретические положения

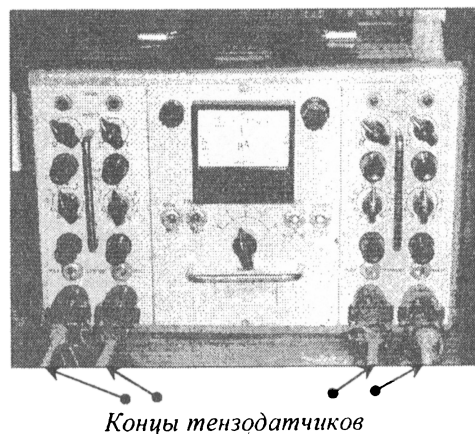
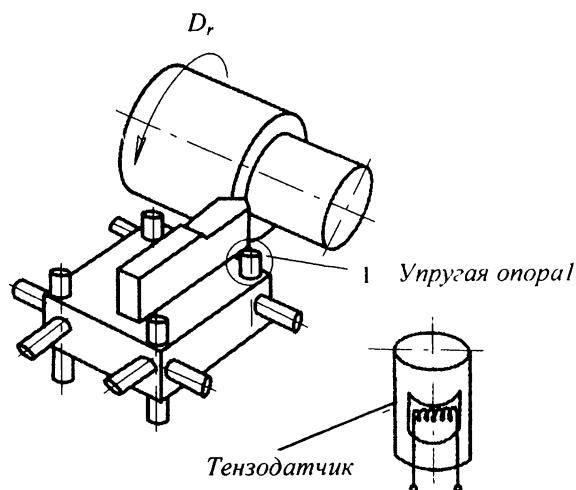
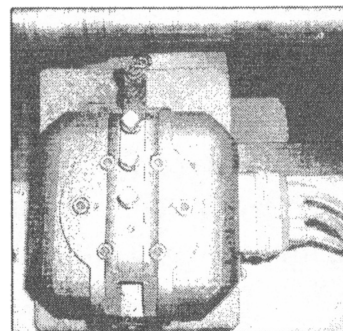
В данной лабораторной работе используется трехкомпонентный электрический динамометр с тензометрическими датчиками, который устанавливается на суппорте станка. С помощью такого динамометра можно одновременно измерять три взаимно перпендикулярные силы: P_z , P_x , P_y .

Показания динамометра не зависят от того, в какой точке будет приложена сила резания. Поэтому можно использовать резцы различных типов, имеющие разный вылет

Державка резца закрепляется в корпусе динамометра, который установлен на суппорте станка. В углах корпуса динамометра расположены четыре группы упругих, взаимно перпендикулярных опор. На опоры наклеены:

- тензодатчики, фиксирующие деформации от силы P_z (на вертикальные опоры);
- тензодатчики, фиксирующие деформации от силы P_x (на продольно-горизонтальные опоры);
- тензодатчики, фиксирующие деформации от силы P_y (на поперечно-горизонтальные опоры).

Концы тензодатчиков подключаются к мостовым электросхемам электрической части динамометра.



3. Лабораторная работа «Силы резания»

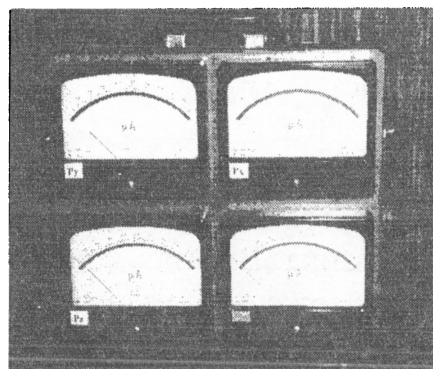
3.1. Исходные теоретические положения

Специфическая конструкция упругих опор обеспечивает восприятие нагрузки каждой опорой только в одном направлении. Под действием сил резания деформируются соответствующие опоры, вызывая изменения сопротивления наклеенных на них тензодатчиков.

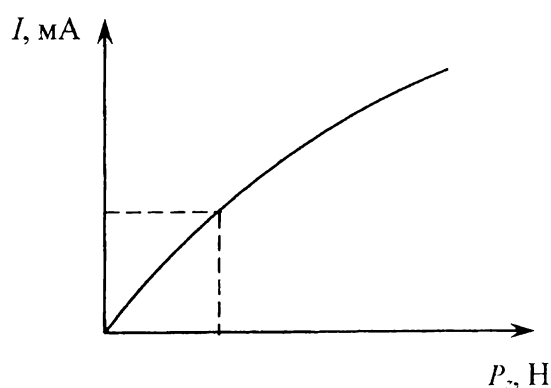
Восприятие нагрузки опорой – т о л ь к о в одном направлении



Изменение сопротивления тензодатчиков, в свою очередь, вызывает изменение силы тока в электрической цепи, которая увеличивается усилителем и передается на миллиамперметр.



Для перевода полученных значений силы тока в соответствующие значения сил резания используют тарировочные графики.



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.2. Контроль усвоения теоретических положений

Контролирующий тест

Инструкция

Тест состоит из 15 заданий. Выполняйте их последовательно, следуя указаниям.

Указание 1. Завершите утверждения 1 – 7, выбрав один из предлагаемых вариантов окончания.

1. Силы, действующие на заготовку со стороны резца и на резец со стороны заготовки:

- а) равны между собой и направлены в одну сторону;
- б) равны между собой и противоположны по направлению;
- в) не равны между собой и направлены в одну сторону;
- г) не равны между собой и противоположны по направлению.

2. Равнодействующая сил, действующих на резец, определяется по формуле:

- а) $R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 - P_z^2}$;
- б) $R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}$;
- в) $R = P_x^2 + P_y^2 + P_z^2$.

3. При увеличении предела прочности (σ_B) обрабатываемого материала силы P_x , P_y , P_z :

- а) уменьшаются;
- б) увеличиваются;
- в) остаются неизменными.

4. При увеличении главного угла в плане (φ) силы P_z и P_y :

- а) увеличиваются;
- б) уменьшаются;
- в) остаются неизменными.

5. При увеличении глубины резания (t) и подачи (S) силы P_x , P_y , P_z :

- а) увеличиваются;
- б) уменьшаются;
- в) остаются неизменными.

3. Лабораторная работа «Силы резания».

3.2. Контроль усвоения теоретических положений.

6. При увеличении главного угла в плане (φ) сила P_x :

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) остается неизменной.

7. С помощью электрического динамометра измеряют:

- а) непосредственно величину силы резания;
- б) величину силы тока или напряжения, пропорциональные деформации от сил резания;
- в) величину мощности, пропорциональную деформации от сил резания;

Указание 2. Завершите утверждения, вписывая в пропущенные строки недостающую информацию.

8. С увеличением переднего угла (γ) степень пластической деформации _____ . Это приводит к тому, что величина P_x , P_y , P_z _____ .

9. Работа тензометрического датчика основана на способности металлического проводника изменять свое _____ при деформации.

10. Сила P_z называется _____ силой, действует на резец в направлении _____ .

11. Сила P_y называется _____ силой, стремится оттолкнуть резец от _____ .

12. Сила P_x называется _____ силой, действует на резец в направлении _____ .

13. Основным элементом электрического динамометра является _____ .

3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.2. Контроль усвоения теоретических положений

Указание 3. В заданиях 14 и 15 установите соответствие информации левого и правого столбцов и заполните формы ответов.

14. Соотнесите интервалы скоростей резания и ход кривой, описывающей зависимость величины P_z от скорости резания при обработке пластичных материалов.

ИНТЕРВАЛЫ СКОРОСТЕЙ РЕЗАНИЯ

1. $V = 5 - 20$ м/мин
2. $V = 20 - 50$ м/мин
3. $V \geq 50$ м/мин

ХОД КРИВОЙ ПО ИНТЕРВАЛАМ СКОРОСТЕЙ

- А. $V \uparrow \rightarrow C_m ПД \downarrow \rightarrow P_z \downarrow$
- Б. $V \uparrow \rightarrow H_{\text{н}} \uparrow \rightarrow \gamma_{\text{н}} \uparrow \rightarrow C_m ПД \downarrow \rightarrow P_z \downarrow$
- В. $V \uparrow \rightarrow H_{\text{н}} \downarrow \rightarrow \gamma_{\text{н}} \downarrow \rightarrow C_m ПД \uparrow \rightarrow P_z \uparrow$

Ответ: 1 – _____; 2 – _____; 3 – _____.

15. Определите тенденцию изменения сопротивления тензометрического датчика в зависимости от вида деформации опоры, на которую он наклеен.

ВИД ДЕФОРМАЦИИ ОПОРЫ

1. Сжатие
2. Растяжение

ИЗМЕНЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕНЗОДАТЧИКА

- А. Длина проводника увеличилась, поперечное сечение уменьшилось, сопротивление увеличилось
- Б. Длина проводника уменьшилась, поперечное сечение увеличилось, сопротивление уменьшилось

Ответ: 1 – _____; 2 – _____.

3. Лабораторная работа «Силы резания»

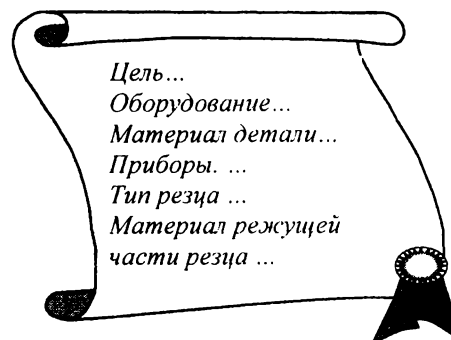
3.3. Методика выполнения лабораторной работы

1. Распечатайте с дискеты форму отчета о лабораторной работе (прил.3).



2. Получите у преподавателя исходные данные к лабораторной работе.

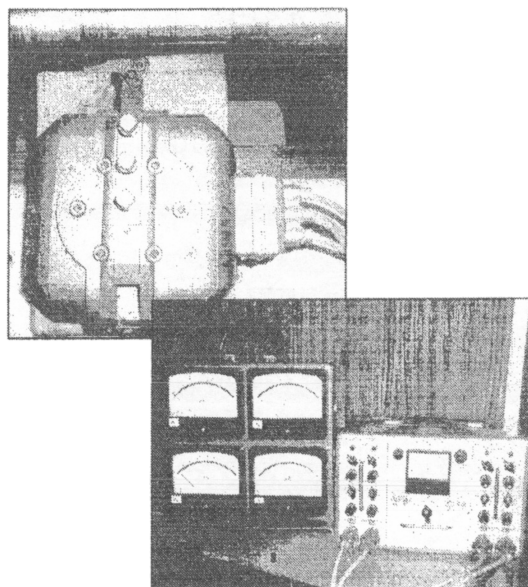
3. В форме отчета запишите цель лабораторной работы, используемое оборудование и приборы, материал обрабатываемой детали, тип резца и материал его режущей части.



4. Ознакомьтесь с установкой универсального динамометра на токарном станке. В лабораторной работе будет измеряться только сила P_z . Определите шкалу миллиамперметра, по которой ведется измерение силы тока, пропорциональной деформации тензодатчиков от силы P_z . Рассчитайте цену деления этой шкалы.

Обрабатываемая деталь устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне и поджимается задним центром.

Резец закрепляется в головке динамометра, которая устанавливается на суппорте станка вместо резцедержателя.



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.3. Методика выполнения лабораторной работы

5. Лабораторную работу выполняйте в следующей последовательности:

- проведение эксперимента для установления зависимостей P_z от подачи (S_o) и P_z от глубины резания (t);
- выведение эмпирической формулы зависимости P_z от S_o и t по результатам эксперимента.

Внимание!

До начала эксперимента миллиамперметр, входящий в состав динамометра, нужно установить на ноль. Для этого, после включения динамометра, вращением ручки регулировки добейтесь совмещения стрелки с нулевой отметкой.

6. Эксперимент для установления зависимостей P_z от S_o и P_z от t выполняйте в два этапа.

1-й этап. Для исследования зависимости изменения P_z от величины S_o установите последовательно на станке четыре или пять различных величин S_o , сохраняя постоянными глубину резания (t), число оборотов шпинделя (n) и диаметр заготовки (D).

На каждой величине подачи проведите процесс резания и снимите соответствующие показания прибора.

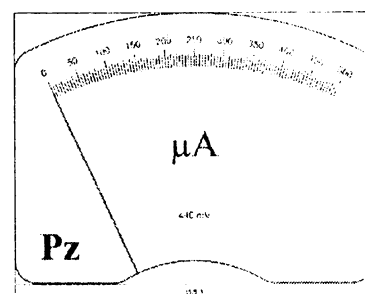
Величины подач и соответствующие результаты измерений силы тока внесите в протокол 1 отчета о лабораторной работе.

Ход лабораторной работы

Проведение эксперимента

Вывод эмпирической формулы

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^x \cdot S_o^y$$



$$P_z = f(S_o)$$

$n(V), t, D - \text{const}$
 $S_o - \text{var}$

Протокол 1

*	*	
*	*	
*	*	
*	*	
*	*	

$D =$
 $n =$
 $V =$
 $t =$

3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.3. Методика выполнения лабораторной работы

2-й этап. Для исследования зависимости изменения P_z от величины t установите последовательно на станке четыре или пять различных величин t , сохраняя постоянными подачу (S_o), число оборотов шпинделя (n) и диаметр заготовки (D).

На каждой величине t проведите процесс резания и снимите соответствующие показания прибора.

Величины глубин резания и соответствующие результаты измерений силы тока внесите в протокол 2 отчета о лабораторной работе.

7. Переведите с помощью тарифовочного графика величины силы тока (I) в величины P_z и заполните соответствующие графы в протоколах 1 и 2.

$$P_z = f(t)$$

$$n (V), S_o, D - \text{const} \\ t - \text{var}$$

Протокол 2

*	*	
*	*	
*	*	
*	*	
*	*	

$D =$
$n =$
$V =$
$S_o =$

Протокол 1

*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*

$D =$
$n =$
$V =$
$t =$

Протокол 2

*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*

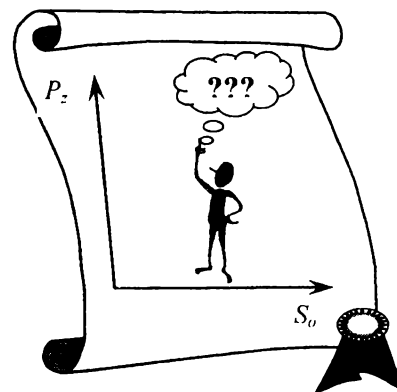
$D =$
$n =$
$V =$
$S_o =$

3. Лабораторная работа «Силы резания»

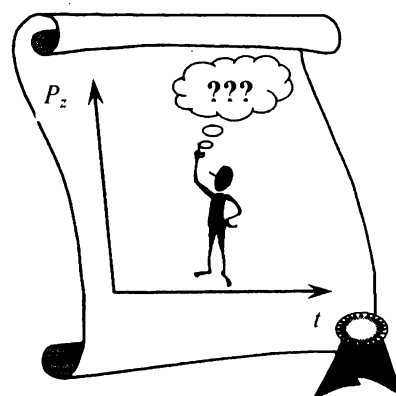
3.3. Методика выполнения лабораторной работы

8. В отчете о лабораторной работе постройте в прямоугольных координатах:

- график зависимости $P_z = f(S_o)$;



- график зависимости $P_z = f(t)$.



Внимание!

На графиках должны получиться кривые. Угол подъема кривой $P_z = f(t)$ больше, чем угол подъема кривой $P_z = f(S_o)$.

Эти кривые с достаточной степенью точности можно описать уравнениями, следующего вида:

$$P_z = C_1 \cdot S_o^y; \quad P_z = C_2 \cdot t^x$$

Приведенные уравнения можно считать частными зависимостями функции.

$$P_z = C_{pz} \cdot t^x \cdot S_o^y.$$

Вывод частного вида эмпирической формулы по данным проведенного эксперимента для расчета силы P_z предполагает определение величин показателей степени x и y , а также постоянной C_p .

3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.3. Методика выполнения лабораторной работы

Для определения показателей степени x и y следует воспользоваться *методом графического логарифмирования*.

9. Для определения величины y постройте в двойных логарифмических координатах зависимость $P_z = f(S_o)$.

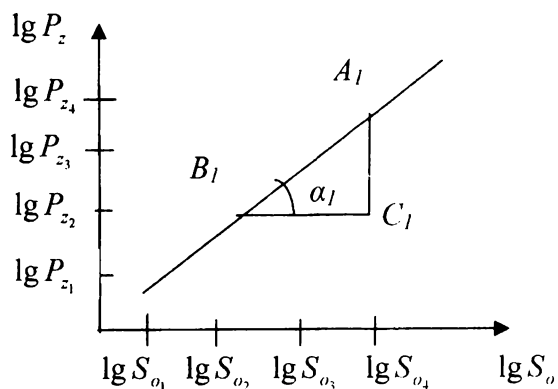
Для этого в отчете о лабораторной работе изобразите двойные логарифмические координаты для построения графика $\lg P_z - \lg S_o$. По оси абсцисс отложите логарифмы величин подачи, взятые из протокола 1, а по оси ординат – логарифмы соответствующих сил P_z . По точкам пересечения координат постройте *прямую*.

Тангенс угла наклона этой прямой (α_1) представляет собой показатель степени y . Для расчета величины тангенса α_1 выделите произвольный прямоугольный треугольник с гипотенузой, лежащей на этой прямой. Отношение катетов треугольника составит искомую величину тангенса.

Величину катетов следует измерить миллиметровой линейкой.

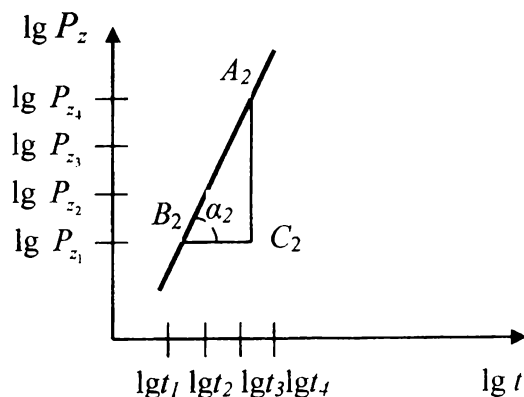
10. Для определения величины x постройте в двойных логарифмических координатах зависимость $P_z = f(t)$.

Для этого в отчете о лабораторной работе изобразите двойные логарифмические координаты для построения графика $\lg P_z - \lg t$. По оси абсцисс отложите логарифмы величин t , взятые из протокола 2, а по оси ординат – логарифмы соответствующих сил P_z . По точкам пересечения координат постройте *прямую*.



$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{A_1 C_1}{B_1 C_1}$$

$$y = \operatorname{tg} \alpha_1$$



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.3. Методика выполнения лабораторной работы

Тангенс угла наклона этой прямой (α_2) представляет собой показатель степени x . Для расчета величины тангенса α_2 выделите, как и в предыдущем случае, произвольный прямоугольный треугольник с гипотенузой, лежащей на этой прямой. Отношение катетов треугольника составит искомую величину тангенса.

Величину катетов следует измерить миллиметровой линейкой.

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{A_2 C_2}{B_2 C_2}$$

$$x = \operatorname{tg} \alpha_2$$

11. Для определения значения постоянной C_p следует рассчитать несколько частных значений $C_{p1}, C_{p2}, \dots, C_{pi}$ и определить их среднее арифметическое значение.

В рамках лабораторной работы достаточно рассчитать четыре частных значения C_{pi} .

Величины C_{p1} и C_{p2} рассчитывайте, используя значения S_o и соответствующее им P_z из протокола 1.

Величины C_{p3} и C_{p4} рассчитывайте, используя значения t и соответствующее им P_z из протокола 2.

Затем найдите среднее арифметическое значение рассчитанных четырех величин C_p .

$$C_{pi} = \frac{P_{zi}}{S_{oi}^x \cdot t_i^y}$$

$$C_p = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_i}{i}$$

Запишите частный вид эмпирической формулы, подставив рассчитанные значения C_p , y и x .

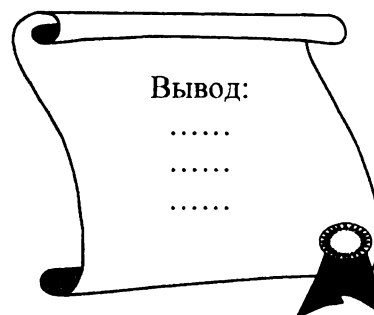
$$P_z = \boxed{} \cdot S_o^{\boxed{}} \cdot t^{\boxed{}}$$



3. Лабораторная работа «Силы резания»

3.3. Методика выполнения лабораторной работы

12. На основании анализа полученной формулы сделайте вывод о том, какой элемент режима резания в большей степени влияет на изменение силы резания. Полученный вывод сопоставьте с положениями теории.



4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.1. Исходные теоретические положения

Цель – в процессе выполнения данной лабораторной работы. Вы сможете овладеть методом естественной термопары для измерения температуры резания, исследовать зависимость температуры резания от подачи, глубины и скорости резания, вывести частный вид эмпирической формулы для расчета величины температуры резания.

При резании металлов выделяется значительное количество теплоты.

Теплота определяет температуру в зоне резания, которая влияет на характер образования и усадку стружки, наростообразование, силу резания, износостойкость инструмента, качество и микроструктуру обработанной поверхности.

Поэтому изучение зависимости теплового баланса в процессе резания от условий резания позволяет устанавливать оптимальные геометрические параметры инструмента и элементы режима резания в конкретных условиях.

Экспериментально установлено, что практически вся работа резания (до 99,5%) переходит в теплоту. Основными составляющими работы резания ($A_{рез}$) являются:

- $A_{деф}$ – работа сил пластического и упругого деформирования;
- $A_{мпн}$ – работа сил трения по передней поверхности инструмента;
- $A_{мпз}$ – работа сил трения по задней поверхности инструмента.



$$A_{рез} = A_{деф} + A_{мпн} + A_{мпз}$$

4. Лабораторная работа «Температура резания»

Соответственно составляющим работы резания различают следующие очаги выделения теплоты:

- Q_1 – теплота, образующаяся в результате работы сил пластической деформации;
- Q_2 – теплота, образующаяся в результате работы сил трения по передней поверхности инструмента;
- Q_3 – теплота, образующаяся в результате работы сил трения по задней поверхности инструмента.

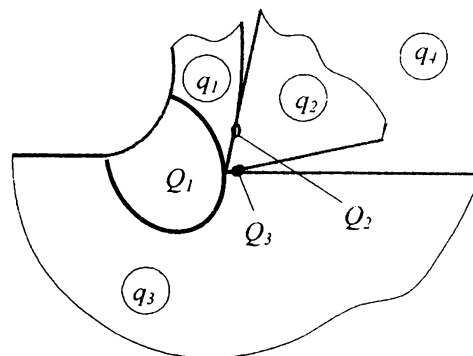
Таким образом, общее количество выделяющейся теплоты (Q) складывается из трех составляющих: Q_1 , Q_2 и Q_3 .

Выделяющаяся теплота отводится стружкой (q_1), резцом (q_2), заготовкой (q_3) и окружающей средой (q_4).

Возникает тепловой баланс между выделяющейся теплотой и отводимой, который описывается уравнением теплового баланса.

Температура резания (θ) – результат теплового баланса в зоне резания. Она зависит от количества образующегося и отводимого тепла.

Теплота, возникающая в зоне резания, согласно уравнению теплового баланса нагревает стружку, обрабатываемую заготовку и режущий инструмент.



$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Уравнение теплового
баланса



$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

Температура резания



$$\theta = f(Q, q)$$

4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.1. Исходные теоретические положения

Температура на контактных площадках распределяется в соответствии с величиной и направлением тепловых потоков.

Различные слои стружки, режущего инструмента и обрабатываемой заготовки нагреваются не равномерно.

В стружке наибольшее количество теплоты концентрируется в тонких слоях, прилегающих к передней поверхности режущего инструмента.

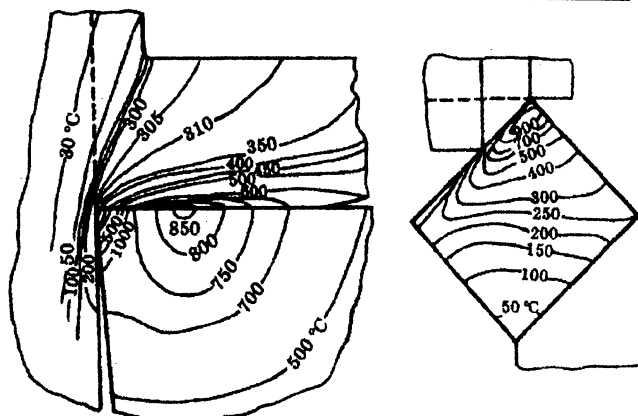
У режущего инструмента больше всего разогрет участок передней поверхности, расположенный в середине длины площади контакта со стружкой.

Температура обрабатываемого материала, лежащего ниже поверхности резания, значительно меньше.

В процессе обработки происходит накопление теплоты в заготовке и резце, приводящее к повышению средней температуры резания.

Количественные оценки тепловых явлений, происходящих в зоне стружкообразования, производят различными методами. Наиболее распространено измерение температуры, а не количества теплоты.

Когда нет необходимости в изучении законов распределения температур на контактных площадках или в теле инструмента и детали, наиболее удобным показателем тепловой напряженности процесса резания является средняя температура резания на поверхности контакта инструмента, стружки и детали.



Средняя температура резания – показатель тепловой напряженности процесса резания



4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.1. Исходные теоретические положения

На величину температуры резания (θ) влияют следующие условия резания (UP): свойства обрабатываемого материала, элементы режима резания, геометрия режущего клина.

$$\theta = f(UP)$$

Чем выше предел прочности или твердость материала заготовки, тем большую работу необходимо затратить на срезание стружки и тем больше выделяется теплоты. С другой стороны, при увеличении твердости материала заготовки несколько уменьшается площадь контакта стружки с передней поверхности резца. В результате температура резания повышается.

Кроме того, чем ниже теплопроводность (ρ) обрабатываемого материала, тем менее интенсивен отвод тепла от зон его выделения в заготовку и стружку и тем выше температура резания.

Свойства обрабатываемого материала

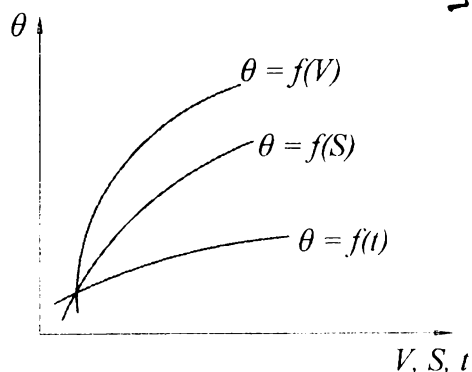
$$\begin{array}{l} \sigma_B \uparrow \rightarrow \theta \uparrow \\ HB \uparrow \rightarrow \theta \uparrow \end{array}$$



$$\rho \downarrow \rightarrow \theta \uparrow$$

Элементы режима резания

Увеличение значений элементов режима резания приводит в результате к увеличению значения температуры резания. Но интенсивность изменения температуры резания в зависимости от изменения каждого элемента режима резания различная.



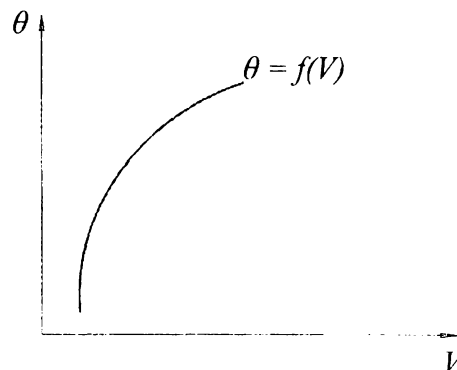
4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.1. Исходные теоретические положения

Скорость резания. С ростом скорости резания увеличивается количество выделяющейся теплоты. При этом возрастает и температура резания, т. к. условия теплоотвода остаются практически неизменными.

$$V \uparrow \rightarrow Q \uparrow \rightarrow \theta \uparrow$$

Однако прирост температуры отстает от увеличения скорости резания. Это объясняется тем, что с увеличением скорости резания несколько снижается величина силы P_z , а также коэффициент трения (в определенном диапазоне скоростей резания), большее количество тепла отводится стружкой.



Частное уравнение зависимости температуры от скорости резания:

$$\theta = C_1 \cdot V^z,$$

где C_1 – коэффициент, учитывающий влияние на температуру резания всех остальных условий, кроме скорости резания; z – показатель степени, характеризующий интенсивность прироста температуры с увеличением скорости резания (в зависимости от конкретных условий обработки обычно $z = 0,26 - 0,72$).

4. Лабораторная работа «Температура резания»

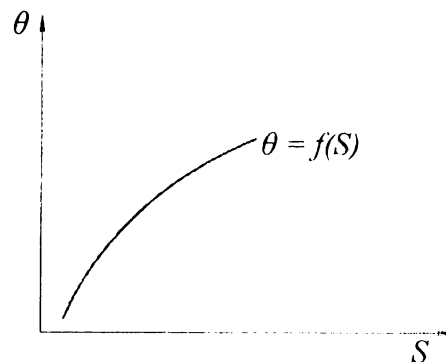
4.1. Исходные теоретические положения

Подача. С увеличением подачи возрастают сила резания и, следовательно, количество выделившейся теплоты.

Сила P_z возрастает в меньшей степени, чем увеличивается подача, поэтому прирост количества теплоты отстает от роста подачи.

$$S \uparrow \rightarrow P_z \uparrow \rightarrow A_{рез} \uparrow \rightarrow Q \uparrow \rightarrow \theta \uparrow$$

Кроме того, с увеличением подачи центр давления стружки на резец отдалится от режущего лезвия и увеличивается площадь соприкосновения стружки с резцом, в результате чего улучшаются условия теплоотвода. Температура резания повышается значительно медленнее увеличения подачи.



Частное уравнение зависимости температуры от подачи:

$$\theta = C_2 \cdot S^x,$$

где C_2 — коэффициент, зависящий от прочих условий обработки, кроме подачи; x — показатель степени, характеризующий интенсивность прироста температуры с увеличением подачи. При точении стале $x = 0,20 - 0,45$ (в зависимости от условий обработки).

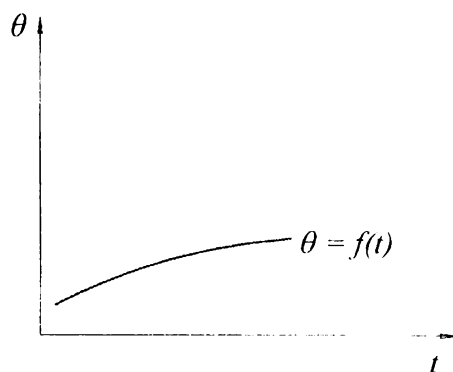
4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.1. Исходные теоретические положения

Глубина резания. С увеличением глубины резания возрастает общее количество теплоты, т. к. увеличивается сила и работа резания.

Однако при этом увеличивается и длина активного участка режущего лезвия, отводящего теплоту в тело резца, поэтому прирост температуры резания становится незначительным.

$$t \uparrow \rightarrow P_z \uparrow \rightarrow A_{рез} \uparrow \rightarrow Q \uparrow \rightarrow \theta \uparrow$$



Частное уравнение зависимости температуры от глубины резания:

$$\theta = C_3 \cdot t^y,$$

где C_3 — коэффициент, зависящий от прочих условий обработки, кроме глубины резания;
 y — показатель степени, характеризующий интенсивность прироста температуры с увеличением глубины резания. При точении $y = 0,3-0,10$ (в зависимости от условий обработки).

Общее уравнение зависимости температуры резания от элементов режима резания:

$$\theta = C_\theta \cdot V^z \cdot S^x \cdot t^y,$$

где C_θ — общий коэффициент, характеризующий условия обработки, не вошедшие в формулу в явном виде; V — скорость резания, м/мин; S — подача, мм/об; t — глубина резания, мм; z, x, y — показатели степеней, характеризующие интенсивность прироста температуры с увеличением скорости, подачи и глубины резания.

4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.1. Исходные теоретические положения

Изменение переднего угла (γ) инструмента изменяет условия подвода и отвода тепла и, следовательно, температуру резания.

Увеличение угла γ до оптимального значения (γ_o) приводит к уменьшению силы P_z и работы резания ($A_{рез}$), поэтому количество выделившейся теплоты (Q) становится меньше. Но при этом ухудшаются условия отвода тепла (OT), т. к. с увеличением угла (γ_o) больше оптимального значения уменьшается массивность режущего клина (MPK), что приводит к росту температуры резания.

С увеличением главного угла в плане (ϕ) сила и работа резания, а следовательно, тепловыделение, несколько уменьшаются, т. к. возрастает толщина стружки и сокращается ее ширина. Но при этом уменьшается длина активной части (l_a) режущего лезвия, что ухудшает условия отвода тепла и приводит к возрастанию температуры резания.

Для определения температуры резания используется целый ряд методов. Экспериментальное определение температуры в процессе резания чаще всего производится различного рода термопарами, действие которых основано на термоэлектричестве.

Геометрия режущего клина



Если $\gamma < \gamma_o$

$$\gamma \uparrow \rightarrow P_z \downarrow \rightarrow A_{рез} \downarrow \rightarrow Q \downarrow \rightarrow \theta \downarrow$$

Если $\gamma > \gamma_o$

$$\gamma \uparrow \rightarrow MPK \downarrow \rightarrow OT \downarrow \rightarrow \theta \uparrow$$

$$\phi \uparrow \rightarrow l_a \downarrow \rightarrow OT \downarrow \rightarrow \theta \uparrow$$

Метод определения температуры резания



4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.1. Исходные теоретические положения

Суть явления термоэлектричества заключается в том, что если нагреть место спая (МС) двух проводников из разнородных металлов (А и Б), а свободные концы оставить при более низкой температуре, на последних возникнет термо-ЭДС.

Термо-ЭДС зависит от разности температур места спая и холодных концов. Возникшую термо-ЭДС можно измерить, замкнув цепь через милливольтметр (mV). Такая цепь называется термоэлектрической, возникший в ней ток – термо-током.

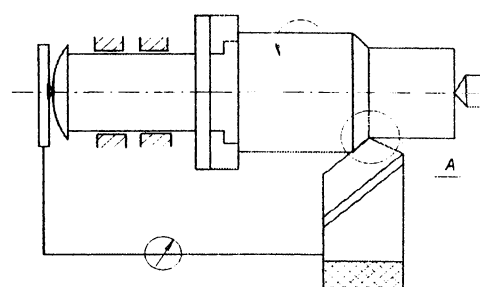
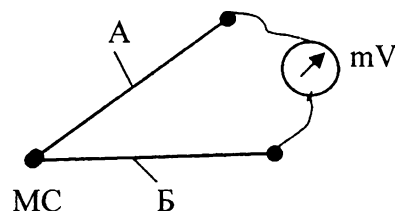
Данная лабораторная работа выполняется с использованием *метода естественной термопары*. Элементами термопары являются резец и обрабатываемая деталь, материалы которых разнородны.

Местом спая детали и резца является место контакта резца со стружкой и деталью.

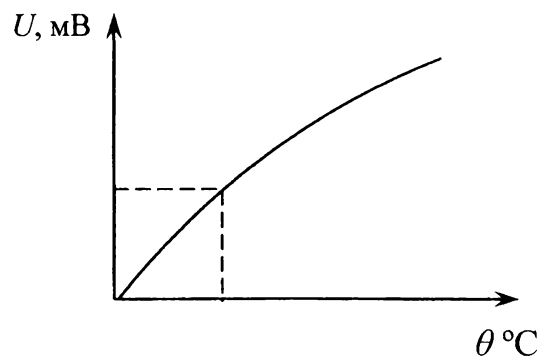
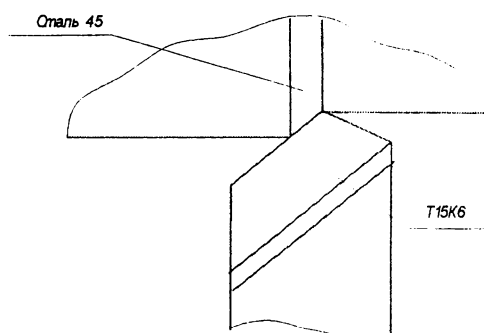
Температура указанного места спая значительно выше концов детали и резца. Поэтому, если эти «холодные» концы соединить, образовав электрическую цепь, в цепи появится термоток.

Включив в созданную электрическую цепь милливольтметр или миллиамперметр, можно измерить напряжение или силу тока, пропорциональные разнице температур.

С помощью тарировочного графика определяется величина температуры резания, соответствующая изменившемуся напряжению.



А (2,51)



4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.2. Контроль усвоения теоретических положений

Контролирующий тест

Инструкция

Тест состоит из 11 заданий. Выполняйте их последовательно, следуя указаниям.

Указание 1. Завершите утверждения 1 – 6, выбрав один из предлагаемых вариантов окончания.

1. Работу резания ($A_{рез}$) можно определить следующим образом:
 - а) $A_{рез} = A_{деф} - A_{мпн} + A_{мпз}$;
 - б) $A_{рез} = A_{деф} + A_{мпн} + A_{мпз}$;
 - в) $A_{рез} = A_{мпн} + A_{мпз} - A_{деф}$.
2. Возникающая в процессе резания теплота отводится:
 - а) резцом, заготовкой и окружающей средой;
 - б) заготовкой, стружкой, резцом и окружающей средой;
 - в) стружкой, заготовкой и окружающей средой.
3. Чем ниже теплопроводность обрабатываемого материала:
 - а) тем менее интенсивен отвод тепла от зон его выделения в заготовку и стружку и тем ниже температура резания;
 - б) тем более интенсивен отвод тепла от зон его выделения в заготовку и стружку и тем выше температура резания;
 - в) тем менее интенсивен отвод тепла от зон его выделения в заготовку и стружку и тем выше температура резания.
4. Тепловой баланс в процессе резания между возникающей теплотой и отводимой описывается уравнением теплового баланса:
 - а) $Q_1 + Q_2 + Q_3 = q_1 + q_2 + q_3$;
 - б) $Q_1 + Q_2 + Q_3 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$.
5. С увеличением скорости резания:
 - а) уменьшаются количество выделяющейся теплоты и температура резания;
 - б) увеличиваются количество выделяющейся теплоты и температура резания;
 - в) количество выделяющейся теплоты и температура резания остаются без изменений.

4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.2. Контроль усвоения теоретических положений

6. В наибольшей степени на изменение температуры резания влияет:

- а) глубина резания;
- б) скорость резания;
- в) подача.

Указание 2. Завершите утверждения, вписывая в пропущенные строки недостающую информацию.

7. На величину температуры влияют следующие условия резания: свойства обрабатываемого материала, элементы режима резания и _____.

8. Суть явления термоэлектричества заключается в том, что при нагреве места спая двух проводников из разнородных металлов на свободных концах, остающихся при более низкой температуре, возникнет _____.

9. Данная лабораторная работа выполняется с использованием метода _____ термопары. Элементами этой термопары являются _____, материалы которых _____.

Указание 3. В заданиях 10 и 11 установите соответствие информации и заполните формы ответов.

10. Установите соответствие изменения геометрических параметров режущего клина и температуры резания (θ).

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

- 1. $\gamma \uparrow$ до оптимального значения
- 2. $\gamma \uparrow$ больше оптимального значения
- 3. $\varphi \uparrow$

ИЗМЕНЕНИЕ θ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

- А. $? \uparrow \rightarrow l_a \downarrow \rightarrow OT \downarrow \rightarrow \theta \uparrow$
- Б. $? \uparrow \rightarrow P_z \downarrow \rightarrow A_{рез} \downarrow \rightarrow Q \downarrow \rightarrow \theta \downarrow$
- В. $? \uparrow \rightarrow MPK \downarrow \rightarrow OT \downarrow \rightarrow \theta \uparrow$

Ответ: 1 – _____; 2 – _____; 3 – _____.

4. Лабораторная работа «Температура резания»

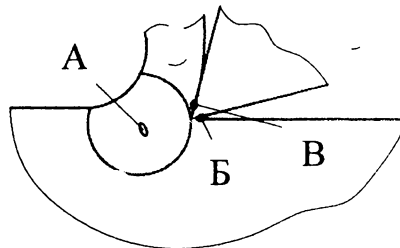
4.2. Контроль усвоения теоретических положений

11. Установите соответствие изображенных на схеме источников возникновения тепла и их названий.

НАЗВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕПЛА

1. Теплота, возникающая в результате работы сил деформации
2. Теплота, возникающая в результате работы сил трения по передней поверхности инструмента
3. Теплота, возникающая в результате работы сил трения по задней поверхности инструмента

СХЕМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕПЛА В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

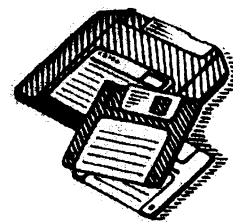


Ответ: 1—____; 2— ____; 3 —_____.

4. Лабораторная работа «Температура резания»

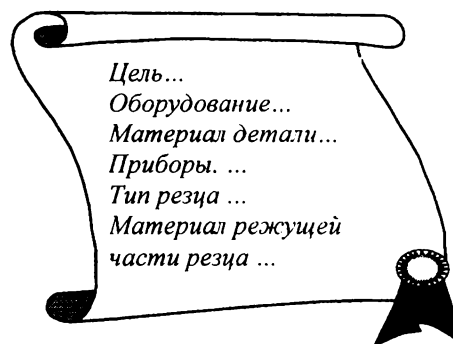
4.3. Методика выполнения лабораторной работы

1. Распечатайте с дискеты форму отчета по лабораторной работе (прил.4).



2. Получите у преподавателя исходные данные к лабораторной работе.

3. В форме отчета запишите цель лабораторной работы, используемое оборудование и приборы, материал обрабатываемой детали, тип резца и материал его режущей части.

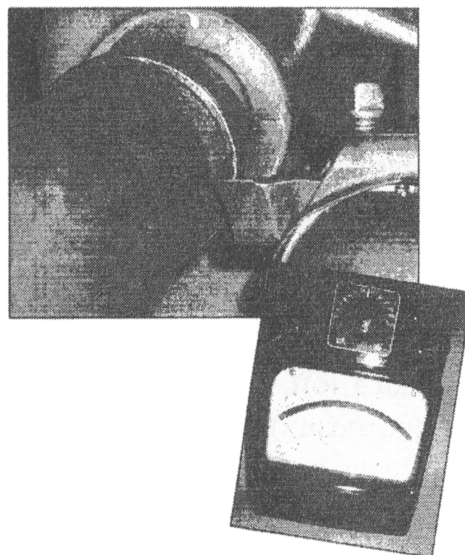


4. Ознакомьтесь с установкой для измерения температуры методом естественной термопары.

Обрабатываемая деталь устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне и поджимается задним центром.

Резец устанавливается и закрепляется в резцедержателе на суппорте станка.

Шпиндель станка и конец державки резца с помощью проводников замыкаются на милливольтметр.



5. Определите цену деления шкалы милливольтметра, по которой ведется измерение напряжения термотока, пропорционального разнице температур места контакта резца со стружкой и холодных концов детали и резца.

4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.3. Методика выполнения лабораторной работы

6. Лабораторную работу выполняйте в следующей последовательности:

- проведение эксперимента для установления зависимостей θ от подачи (S_o), глубины резания (t), скорости резания (V);
- выведение эмпирической формулы зависимости θ от S_o , t и V по результатам эксперимента.

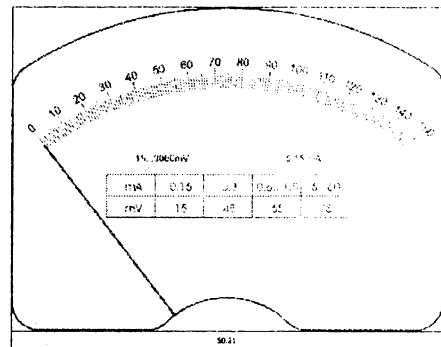
Ход лабораторной работы

Проведение эксперимента

Вывод эмпирической формулы
$$\theta = C_{\theta} \cdot V^x \cdot S_o^y \cdot t^z$$

Внимание!

До начала эксперимента мультиметр нужно **установить на ноль**. Для этого вращением регулировочного винта добейтесь совмещения стрелки с нулевой отметкой.



7. Эксперимент для установления зависимостей θ от S_o , t и V выполняйте в три этапа.

1-й этап. Для исследования зависимости изменения θ от величины S_o установите последовательно на станке четыре или пять различных величин S_o , сохраняя постоянными глубину резания (t), число оборотов шпинделя (n) и диаметр заготовки (D).

На каждой величине подачи проведите процесс резания и снимите соответствующие показания прибора.

Величины подач и соответствующие результаты измерений напряжения внесите в протокол 1 отчета о лабораторной работе.

$$\theta = f(S_o)$$

$n(V), t, D - \text{const}$
 $S_o - \text{var}$

Протокол 1

*	*				
*	*				
*	*				
*	*				
*	*				

$D =$
 $n =$
 $V =$
 $t =$

4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.3. Методика выполнения лабораторной работы

2-й этап. Для исследования зависимости изменения θ от величины t установите последовательно на станке четыре или пять различных величин t , сохраняя постоянными подачу (S_o), число оборотов шпинделя (n) и диаметр заготовки (D).

На каждой величине t проведите процесс резания и снимите соответствующие показания прибора.

Величины глубин резания и соответствующие результаты измерений напряжения внесите в протокол 2 отчета о лабораторной работе.

3-й этап. Для исследования зависимости изменения θ от величины V установите последовательно на станке четыре или пять различных величин n , сохраняя постоянными подачу (S_o), глубину резания (t) и диаметр заготовки (D).

На каждой величине n проведите процесс резания и снимите соответствующие показания прибора.

Величины чисел оборотов шпинделя и соответствующие результаты измерений напряжения внесите в протокол 3 отчета о лабораторной работе.

Рассчитайте скорости резания, соответствующие каждому числу оборотов шпинделя, и внесите в графу 2 протокола 3.

$$\theta = f(t)$$

$n (V), S_o, D - \text{const}$
 $t - \text{var}$

Протокол 2

*	*	
*	*	
*	*	
*	*	
*	*	

$D =$
 $n =$
 $V =$
 $S_o =$

$$\theta = f(V)$$

$t, S_o, D - \text{const}$
 $n (V) - \text{var}$

Протокол 3

*	*	*	
*	*	*	
*	*	*	
*	*	*	
*	*	*	

$D =$
 $S_o =$
 $t =$

4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.3. Методика выполнения лабораторной работы

8. Переведите с помощью тарифовочного графика величины напряжения (U) в величины θ и заполните соответствующие графы в протоколах 1, 2 и 3.

Протокол 1

*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*

$D =$
$n =$
$V =$
$t =$

Протокол 2

*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*

$D =$
$n =$
$V =$
$S_o =$

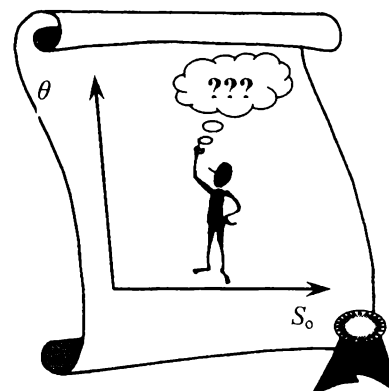
Протокол 3

*	*	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*

$D =$
$S_o =$
$t =$

9. В отчете о лабораторной работе постройте в прямоугольных координатах:

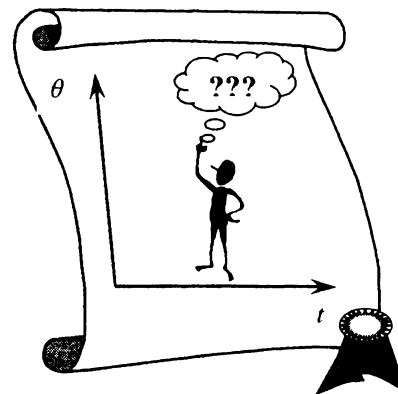
- график зависимости $\theta = f(S_o)$;



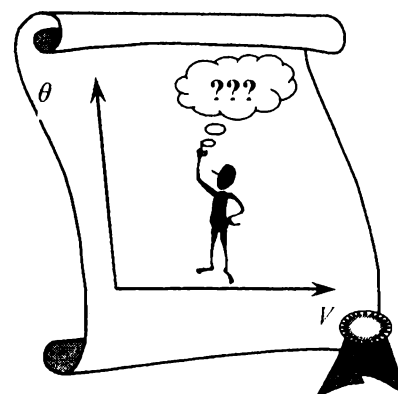
4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.3. Методика выполнения лабораторной работы

- график зависимости $\theta = f(t)$.



- график зависимости $\theta = f(V)$.



Внимание!

На графиках должны получиться кривые. Угол подъема кривой $\theta = f(V)$ больше, чем угол подъема кривой $\theta = f(S_o)$ и кривой $\theta = f(t)$.

Эти кривые с достаточной степенью точности можно описать уравнениями следующего вида:

$$\theta = C_1 \cdot S_o^x;$$

$$\theta = C_2 \cdot t^y;$$

$$\theta = C_3 \cdot V^z.$$

Приведенные уравнения можно считать частными зависимостями функции

$$\theta = C_\theta \cdot V^z \cdot S_o^x \cdot t^y.$$

Вывод частного вида эмпирической формулы по данным проведенного эксперимента для расчета силы θ предполагает определение величин показателей степени (x, y, z), а также постоянной C_θ .

4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.3. Методика выполнения лабораторной работы

Для определения показателей степени x , y , z следует воспользоваться *методом графического логарифмирования*.

10. Для определения величины x постройте в двойных логарифмических координатах зависимость $\theta = f(S_o)$.

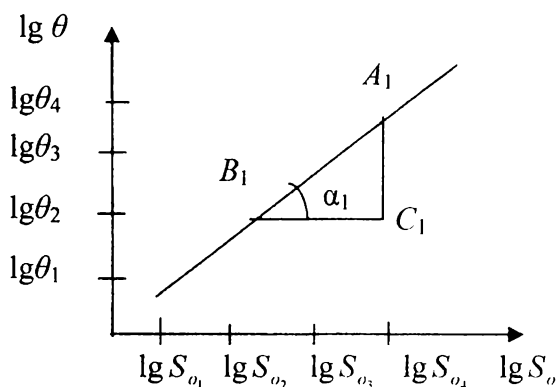
Для этого в отчете о лабораторной работе изобразите двойные логарифмические координаты для построения графика $\lg \theta - \lg S_o$. По оси абсцисс отложите логарифмы величин подачи, взятые из протокола 1, а по оси ординат – логарифмы соответствующих температур θ . По точкам пересечения координат постройте прямую.

Тангенс угла наклона этой прямой (α_1) представляет собой показатель степени x . Для расчета величины тангенса α_1 выделите произвольный прямоугольный треугольник с гипотенузой, лежащей на этой прямой. Отношение катетов треугольника составит искомую величину тангенса.

Величину катетов следует измерить миллиметровой линейкой.

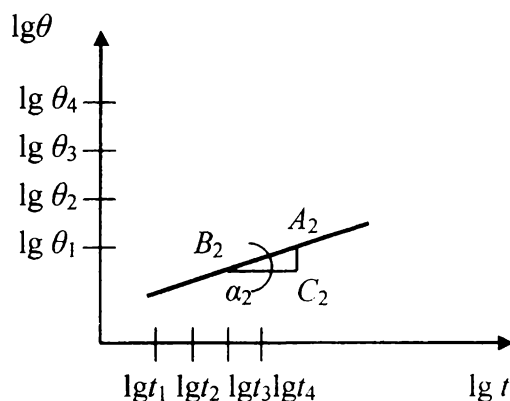
11. Для определения величины y постройте в двойных логарифмических координатах зависимость $\theta = f(t)$.

Для этого в отчете о лабораторной работе изобразите двойные логарифмические координаты для построения графика $\lg \theta - \lg t$. По оси абсцисс отложите логарифмы величин t , взятые из протокола 2, а по оси ординат – логарифмы соответствующих температур θ . По точкам пересечения координат постройте прямую.



$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{A_1 C_1}{B_1 C_1}$$

$$x = \operatorname{tg} \alpha_1$$



4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.3. Методика выполнения лабораторной работы

Тангенс угла наклона этой прямой (α_2) представляет собой показатель степени y . Для расчета величины тангенса α_2 выделите, как и в предыдущем случае, произвольный прямоугольный треугольник с гипотенузой, лежащей на этой прямой. Отношение катетов треугольника составит искомую величину тангенса.

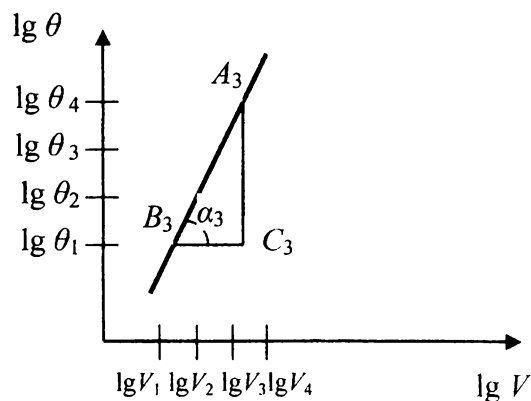
Величину катетов следует измерить миллиметровой линейкой.

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{A_2 C_2}{B_2 C_2}$$

$$y = \operatorname{tg} \alpha_2$$

12. Для определения величины z постройте в двойных логарифмических координатах зависимость $\theta = f(V)$.

Для этого в отчете о лабораторной работе изобразите двойные логарифмические координаты для построения графика $\lg \theta - \lg V$. По оси абсцисс отложите логарифмы величин V , взятые из протокола 3, а по оси ординат – логарифмы соответствующих температур θ . По точкам пересечения координат постройте прямую.



Тангенс угла наклона этой прямой (α_3) представляет собой показатель степени z . Для расчета величины тангенса α_3 выделите, как и в предыдущем случае, произвольный прямоугольный треугольник с гипотенузой, лежащей на этой прямой. Отношение катетов треугольника составит искомую величину тангенса.

Величину катетов также следует измерить миллиметровой линейкой.

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{A_3 C_3}{B_3 C_3}$$

$$z = \operatorname{tg} \alpha_3$$

4. Лабораторная работа «Температура резания»

4.3. Методика выполнения лабораторной работы

13. Для определения величины постоянной C_θ следует рассчитать несколько частных значений $C_{\theta_1}, C_{\theta_2}, C_{\theta_3}, \dots, C_{\theta_i}$ и определить их среднее арифметическое значение.

$$C_{\theta_i} = \frac{\theta_i}{S_{o_i}^x \cdot t_i^y \cdot V_i^z}$$

В рамках лабораторной работы достаточно рассчитать три частных значения C_{θ_i} .

Величины $C_{\theta_1}, C_{\theta_2}$ и C_{θ_3} рассчитывайте, используя значения S_o , t , V и соответствующее им θ из протоколов 1, 2, 3.

$$C_\theta = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3}$$

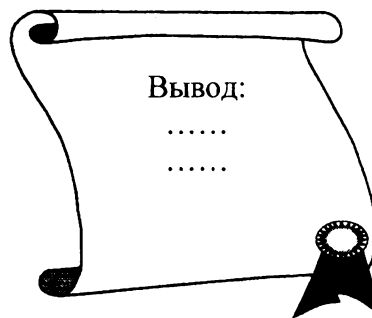
Затем найдите среднее арифметическое значение рассчитанных трех величин C_θ .

Запишите частный вид эмпирической формулы, подставив рассчитанные значения C_p , z , x и y .

$$\theta = \boxed{} \cdot V^{\boxed{}} \cdot S_o^{\boxed{}} \cdot t^{\boxed{}}$$



14. На основании анализа полученной формулы сделайте вывод о том, какой элемент режима резания в большей степени влияет на изменение температуры резания. Полученный вывод сопоставьте с положениями теории.



Заключение

Дисциплина «Теория резания металлов» является базовой в инженерной подготовке педагогов профессионального обучения машиностроительных специализаций. Практикум по этой дисциплине ориентирован на решение проблемы формирования инженерных умений решения начальных технологических и исследовательских задач.

Согласно рабочей программе данной дисциплины, *практикум включает практические занятия и лабораторные работы.*

Структура *второй части практикума* соответствует структуре цикла лабораторных работ, который ориентирован на проведение исследований геометрии токарного резца, зависимостей усадки стружки от условий резания, а также силы и температуры резания от режимов резания.

Проблема формирования профессиональных умений и навыков в инженерной подготовке педагогов профессионального обучения сложна и многопланова. При разработке практикума по теории резания металлов полагалось, что системность, полнота и глубина формируемых умений обеспечиваются логической последовательностью предъявления учебного материала, сочетающего теоретическое и практическое содержание, разработанной инструктивной основой самостоятельной работы студентов и системой тестового контроля.

Следует подчеркнуть, что практикум предполагает *организацию занятий на основе самостоятельной работы студентов.* Эта задача решалась путем отбора, структурирования и предъявления учебного материала с позиций модульного подхода. Поэтому в учебном пособии содержание структурировано на учебные элементы, содержащие подробно иллюстрированный, разделенный на абзацы текст, а также контролируемую часть. Функциями преподавателя полагаются организация деятельности студентов, текущее консультирование и контроль.

В пособии предлагается пошаговая система самоконтроля знаний и умений, соотнесенная с содержанием тех учебных элементов, в которых рассматриваются соответствующие теоретические положения, необходимые студентам для подготовки к лабораторным занятиям.

Автор надеется, что продемонстрированный на практике модульный подход к организации обучения, будет полезен студентам профессионально-педагогического вуза не только в процессе обучения, но и в будущей педагогической деятельности.

Библиографический список

Балашов В.М. Обработка резанием в машиностроении: Учеб. пособие для студентов вузов. – Тверь: Изд-во Твер. гос. техн. ун-та, 2004.

Высокопроизводительная обработка металлов резанием. – М.: Полиграфия, 2003.

Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: Учеб. для машиностроит. и приборостроит. вузов. – М.: Высш.шк., 1985.

Кишуров В.М. Резание металлов. Режущий инструмент: Учеб. пособие для студентов вузов. – Уфа: Изд-во Уфим. гос. авиац. техн. ун-та, 2004.

Лабораторный практикум по курсу «Теория резания металлов» / Сост. *Н.В. Бородина, Л.И. Ершова, Т.А. Козлова.* – Свердловск: Изд-во Сверд. инж.-пед. ин-та, 1986.

Рыжкин А.А. и др. Физические основы обработки металлов резанием: Учеб. пособие для студентов машиностроит. вузов. – Ростов н/Д: Изд-во Дон. гос. техн. ун-та, 1999.

Трент Е.М. Резание металлов/ Пер. с англ. Г.И. Айзенштока. – М.: Машиностроение, 1980.

Ящерицин П.И., Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Теория резания: Учеб. – Минск: Новое знание, 2005.

О Т Ч Е Т

о лабораторной работе «Конструкция и геометрия токарного резца»

Ф.И.О. _____ Дата _____

Цель работы – _____

Измерительные приборы:

1) _____

диапазон измерений _____,

цена деления _____;

2) _____

диапазон измерений _____,

цена деления _____.

Исследуемый инструмент: _____.

Материал режущей части инструмента: _____.

1. Результаты измерений

1.1. Измерение углов в главной секущей плоскости

Протокол 1. Главные углы резца

Задний угол α			Передний угол γ		β	δ
по державке	по пластине	по фаске	по пластине	по фаске	по пластине	

1.2. Измерение углов резца во вспомогательной секущей плоскости

Протокол 2. Вспомогательные углы резца при продольной подаче

α'_{np}		γ'_{np}	β'_{np}	δ'_{np}
по державке	по пластине			

Протокол 3. Вспомогательные углы резца при поперечной подаче

α'_{non}		γ'_{non}	β'_{non}	δ'_{non}
по державке	по пластине			

1.3. Измерение углов резца в плане

Протокол 4. Углы резца в плане при продольной подаче

φ_{np}	$\varphi_{l np}$	ε_{np}

Протокол 5. Углы резца в плане при поперечной подаче

φ_{non}	$\varphi_{l non}$	ε_{non}

2. Эскиз резца

ВЫВОДЫ: _____

О Т Ч Е Т
о лабораторной работе «Усадка стружки»

Ф.И.О. _____ Дата _____

Цель работы – _____

Оборудование – _____.

Обрабатываемый материал – _____.

Измерительные приборы:

1) _____

диапазон измерений _____,

цена деления прибора _____;

2) _____

диапазон измерений _____,

цена деления прибора _____.

Эксперимент 1. Определение зависимости коэффициента усадки стружки от величины подачи

1.1. Исходные данные для эксперимента

Диаметр фрезы: $D = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Путь, пройденный инструментом: $l = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Глубина резания: $t = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Число оборотов фрезы: $n = \underline{\hspace{2cm}}$ об/мин.

Скорость резания: $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \underline{\hspace{2cm}}$ м/мин.

1.2. Расчет коэффициента усадки стружки по результатам эксперимента

Протокол 1. Результаты эксперимента 1

№ п/п	Длина стружки $l_{стр}$, мм				$S_{мин}$, мм/об	S_o , мм/об	K
	l_1	l_2	l_3	l_{cp}			
1					35		
2					85		
3					170		
4					270		
5					330		

1.3. Построение графической зависимости $K = f(S_o)$

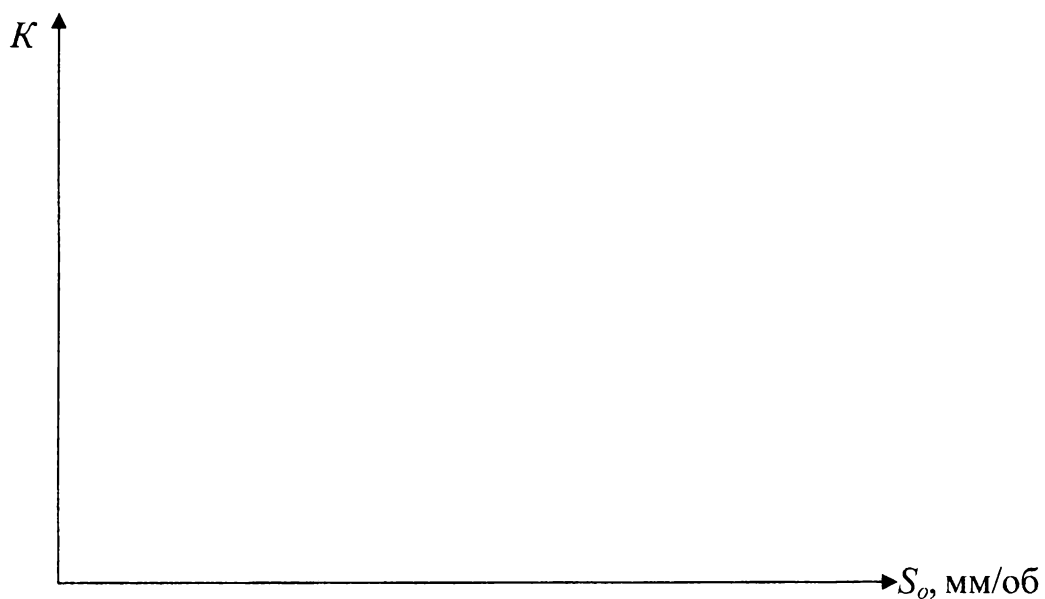


График зависимости $K = f(S_o)$

Эксперимент 2. Определение зависимости коэффициента усадки стружки от скорости резания

2.1. Исходные данные для эксперимента

Диаметр фрезы: $D = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Путь, пройденный инструментом: $l = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Глубина резания: $t = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

2.2. Расчет коэффициента усадки стружки по результатам эксперимента

Протокол 2. Результаты эксперимента 2

№ п/п	n , об/мин	V , м/мин	$S_{мин}$, мм/об	S_o , мм/об	Длина стружки $l_{стр}$, мм				K
					l_1	l_2	l_3	$l_{ср}$	
1	65		35						
2	125		65						
3	255		135						
4	380		210						
5	490		270						

2.3. Построение графической зависимости $K = f(V)$

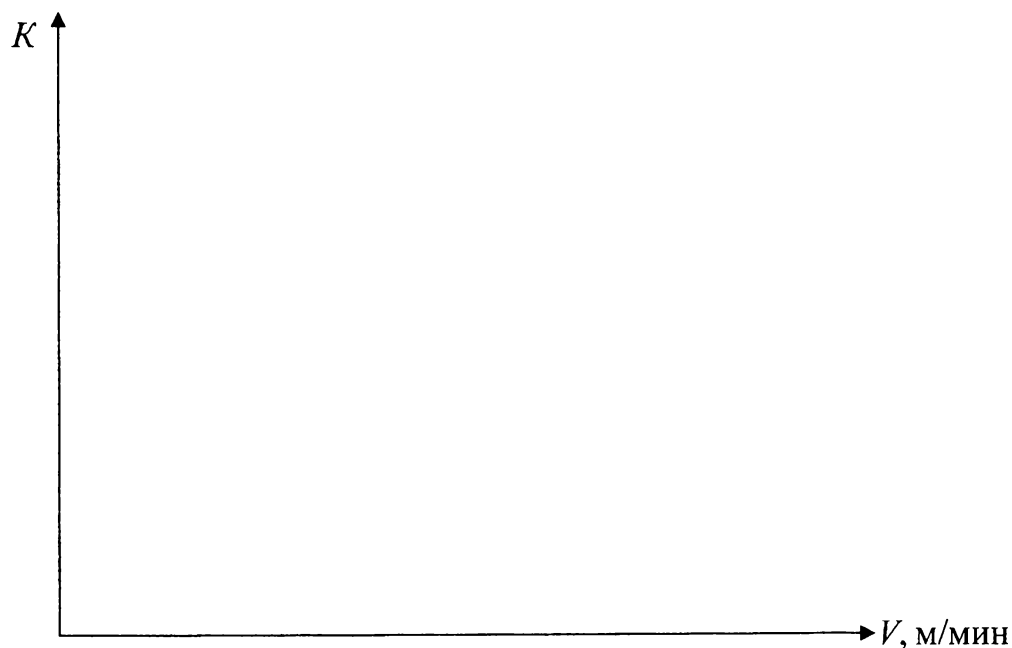


График зависимости $K=f(V)$

Эксперимент 3. Определение зависимости коэффициента усадки стружки от переднего угла γ

3.1. Исходные данные для эксперимента

Диаметр фрезы: $D = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Путь, пройденный инструментом: $l = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Глубина резания: $t = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Подача: $S_o = \underline{\hspace{2cm}}$ мм/об.

Подача минутная: $S_{мин} = \underline{\hspace{2cm}}$ мм/мин.

Число оборотов фрезы: $n = \underline{\hspace{2cm}}$ об/мин.

Скорость резания: $V = \underline{\hspace{2cm}}$ м/мин.

3.2. Расчёт коэффициента усадки стружки по результатам эксперимента

Протокол 3. Результаты эксперимента 3

№ п/п	γ	Длина стружки $l_{стр}$, мм				K
		l_1	l_2	l_3	l_{cp}	
1	$+20^0$					
2	$+10^0$					
3	0					
4	-10^0					

3.3. Построение графической зависимости $K = f(\gamma)$

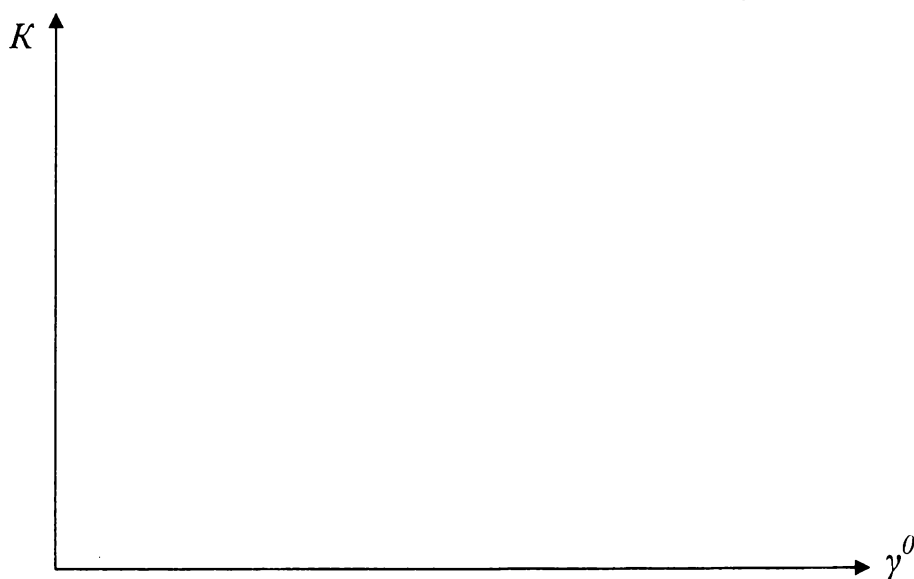


График зависимости $K = f(\gamma)$

ВЫВОДЫ: _____

О Т Ч Е Т
о лабораторной работе «Силы резания»

Ф.И.О. _____ Дата _____

Цель работы: _____

Оборудование – _____.

Измерительные приборы:

1) _____

диапазон измерений – _____,

цена деления прибора – _____;

2) _____

диапазон измерений – _____,

цена деления прибора – _____.

Обрабатываемый материал – _____.

Режущий инструмент – токарный проходной резец.

Материал режущей части инструмента – _____.

1. Экспериментальная часть

1.1. Проведение 1-го этапа эксперимента

1.1.1. Определение зависимости силы резания от величины подачи

Протокол 1. Результаты изменения P_z при изменении S_o

№ п/п	S_o , мм/об	J , мА	P_z , Н	Постоянные эксперимента
1				Число оборотов $n =$ об/мин
2				Скорость резания $V =$ м/мин
3				Глубина резания $t =$ мм
4				Диаметр заготовки $D =$ мм
5				

1.1.2. Построение графической зависимости $P_z = f(S_o)$

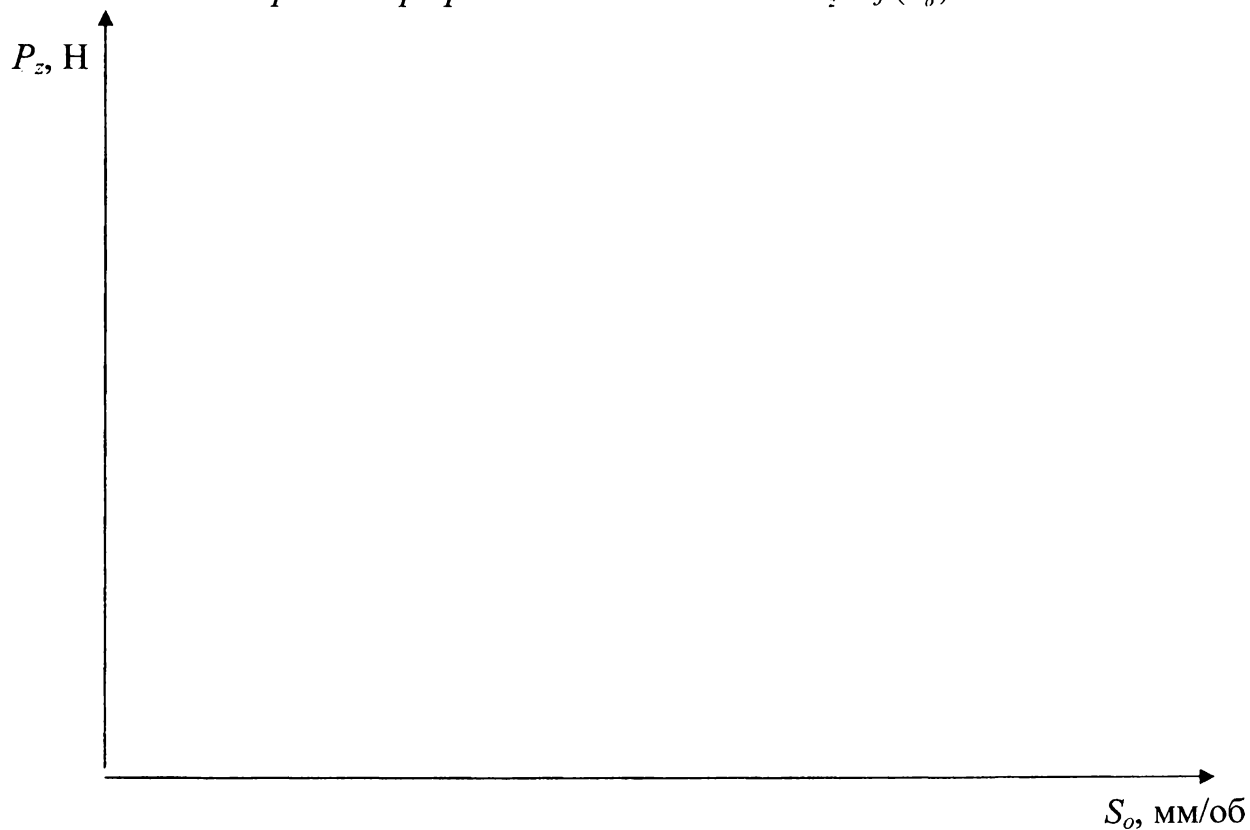


График зависимости $P_z = f(S_o)$

1.2. Проведение 2-го этапа эксперимента

1.2.1. Определение зависимости силы резания от глубины резания

Протокол 2. Результаты изменения P_z при изменении t

№ п/п	t , мм	J , мА	P_z , Н	Постоянные эксперимента
1				Число оборотов $n =$ об/мин
2				Скорость резания $V =$ м/мин
3				Подача $S_0 =$ мм/об
4				Диаметр заготовки $D =$ мм
5				

1.2.2. Построение графической зависимости $P_z = f(t)$

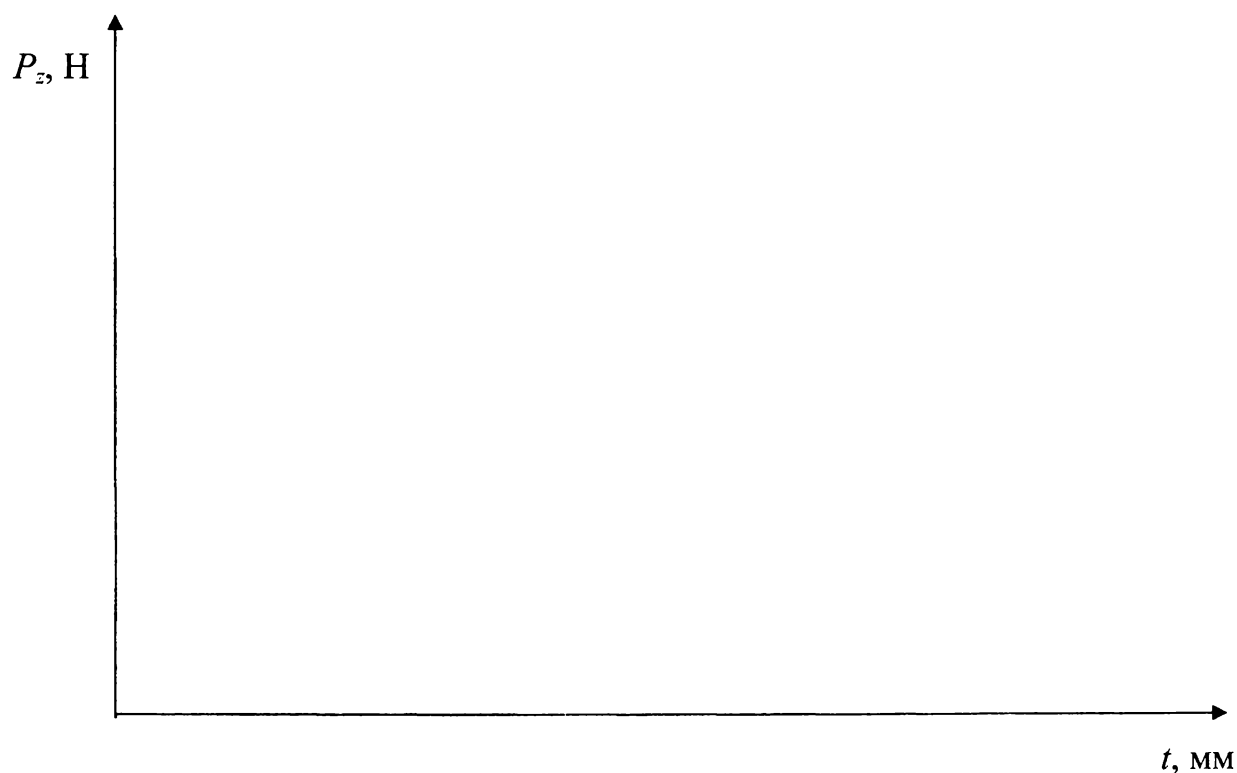


График зависимости $P_z = f(t)$

2. Вывод эмпирической формулы

2.1. Определение показателя степени в формуле $P_z = C_{p_1} \cdot S_o^{y_p}$

2.1.1. Построение зависимости $P_z = f(S_o)$ в двойных логарифмических координатах



График зависимости $P_z = f(S_o)$ в двойных логарифмических координатах

2.1.2. Определение показателя степени y

$$y = \operatorname{tg} \alpha_1 = \underline{\hspace{2cm}},$$

где α_1 – угол наклона прямой $P_z = f(S_o)$ в двойных логарифмических координатах.

2.2. Определение показателя степени в формуле $P_z = C_{p_2} \cdot t^x$

2.2.1. Построение зависимости $P_z = f(t)$ в двойных логарифмических координатах



График зависимости $P_z = f(t)$ в двойных логарифмических координатах

2.2.2. Определение показателя степени x

$$x = \operatorname{tg} \alpha_2 = \underline{\hspace{2cm}},$$

где α_2 – угол наклона прямой $P_z = f(t)$ в двойных логарифмических координатах

2.3. Определение постоянной C_p в формуле $P_z = C_{Pz} \cdot t^x \cdot S_o^y$

2.3.1. Определение постоянных C_{P_1} и C_{P_2}

$$C_{P_1} = \frac{P_{z_1}}{S_{o_1}^x \cdot t_1^y} = \quad ,$$

$$C_{P_2} = \frac{P_{z_2}}{S_{o_2}^x \cdot t_1^y} = \quad ,$$

где P_{z_i} , S_{o_i} — данные, взятые по одной из четырех строк протокола 1.

2.3.2. Определение постоянных C_{P_3} и C_{P_4}

$$C_{P_3} = \frac{P_{z_3}}{S_o^x \cdot t_3^y} = \quad ,$$

$$C_{P_4} = \frac{P_{z_4}}{S_o^x \cdot t_4^y} = \quad ,$$

где P_{z_i} , t_i — данные, взятые по одной из четырех строк протокола 3.

2.3.3. Определение среднего значения постоянной C_p

$$C_p = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}{4} = \quad .$$

2.4. Частный вид эмпирической формулы для определения сил резания

$$P_z = \boxed{} \cdot S_o^{\boxed{}} \cdot t^{\boxed{}}$$

ВЫВОДЫ: _____

О Т Ч Е Т

о лабораторной работе «Температура резания»

Ф.И.О. _____ Дата _____

Цель работы – _____

Оборудование – _____.

Измерительные приборы:

1) _____

диапазон измерений – _____,

цена деления прибора – _____;

2) _____

диапазон измерений – _____,

цена деления прибора – _____.

Обрабатываемый материал – _____.

Режущий инструмент – токарный проходной резец.

Материал режущей части инструмента – _____.

1. Экспериментальная часть

1.1. Проведение 1-го этапа эксперимента

1.1.1. Определение зависимости температуры резания от величины подачи

Протокол 1. Результаты изменения θ при изменении S_o

№ п/п	S_o , мм/об	U , мВ	θ , °C	Постоянные эксперимента
1				Число оборотов $n =$ об/мин
2				Скорость резания $V =$ м/мин
3				Глубина резания $t =$ мм
4				Диаметр заготовки $D =$ мм
5				

1.1.2. Построение графической зависимости $\theta = f(S_o)$



График зависимости $\theta = f(S_o)$

1.2. Проведение 2-го этапа эксперимента

1.2.1. Определение зависимости температуры резания от глубины резания

Протокол 2. Результаты изменения θ при изменении t

№ п/п	t , мм	U , мВ	θ , °С	Постоянные эксперимента
1				Число оборотов $n =$ об/мин
2				Скорость резания $V =$ м/мин
3				Подача $S_0 =$ мм/об
4				Диаметр заготовки $D =$ мм
5				

1.2.2. Построение графической зависимости $\theta = f(t)$

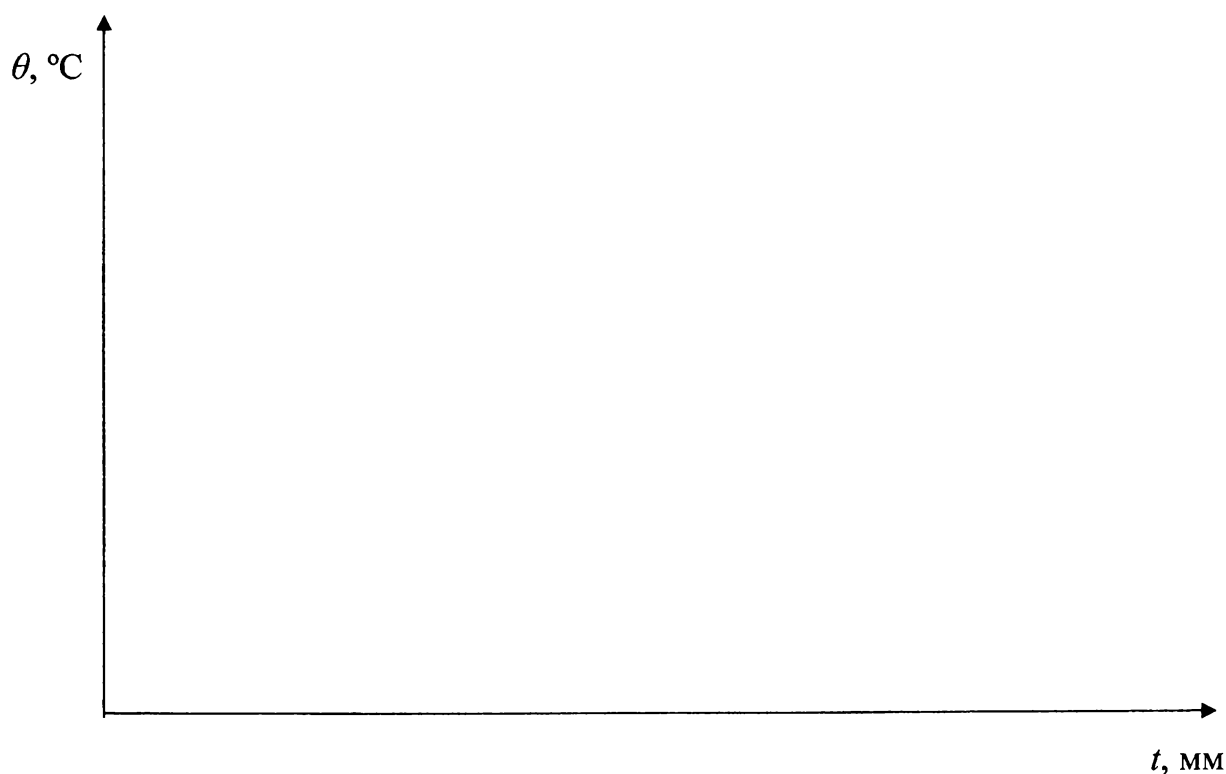


График зависимости $\theta = f(t)$

1.3. Проведение 3-го этапа эксперимента

1.3.1. Определение зависимости температуры резания от скорости резания

Протокол 3. Результаты изменения θ при изменении V

№ п/п	n , об/мин	V , м/мин	U , мВ	θ , °С	Постоянные эксперимента
1					Глубина резания $t =$ мм
2					Подача $S_0 =$ мм/об
3					Диаметр заготовки $D =$ мм
4					
5					

1.3.2. Построение графической зависимости $\theta = f(V)$



График зависимости $\theta = f(V)$

2. Вывод эмпирической формулы

2.1. Определение показателя степени в формуле $\theta = C_1 \cdot S_o^x$

2.1.1. Построение зависимости $\theta = f(S_o)$ в двойных логарифмических координатах



. График зависимости $\theta = f(S_o)$ в двойных логарифмических координатах

2.1.2. Определение показателя степени x

$$x = \operatorname{tg} \alpha_l = \underline{\hspace{2cm}},$$

где α_l – угол наклона прямой $\theta = f(S_o)$ в двойных логарифмических координатах.

2.2. Определение показателя степени в формуле $\theta = C_2 \cdot t^y$

2.2.1. Построение зависимости $\theta = f(t)$ в двойных логарифмических координатах



График зависимости $\theta = f(t)$ в двойных логарифмических координатах

2.2.2. Определение показателя степени y

$$y = \operatorname{tg} \alpha_2 = \underline{\hspace{2cm}},$$

где α_2 – угол наклона прямой $\theta = f(t)$ в двойных логарифмических координатах.

2.3. Определение показателя степени в формуле $\theta = C_3 \cdot V^z$

2.3.1. Построение зависимости $\theta = f(V)$ в двойных логарифмических координатах

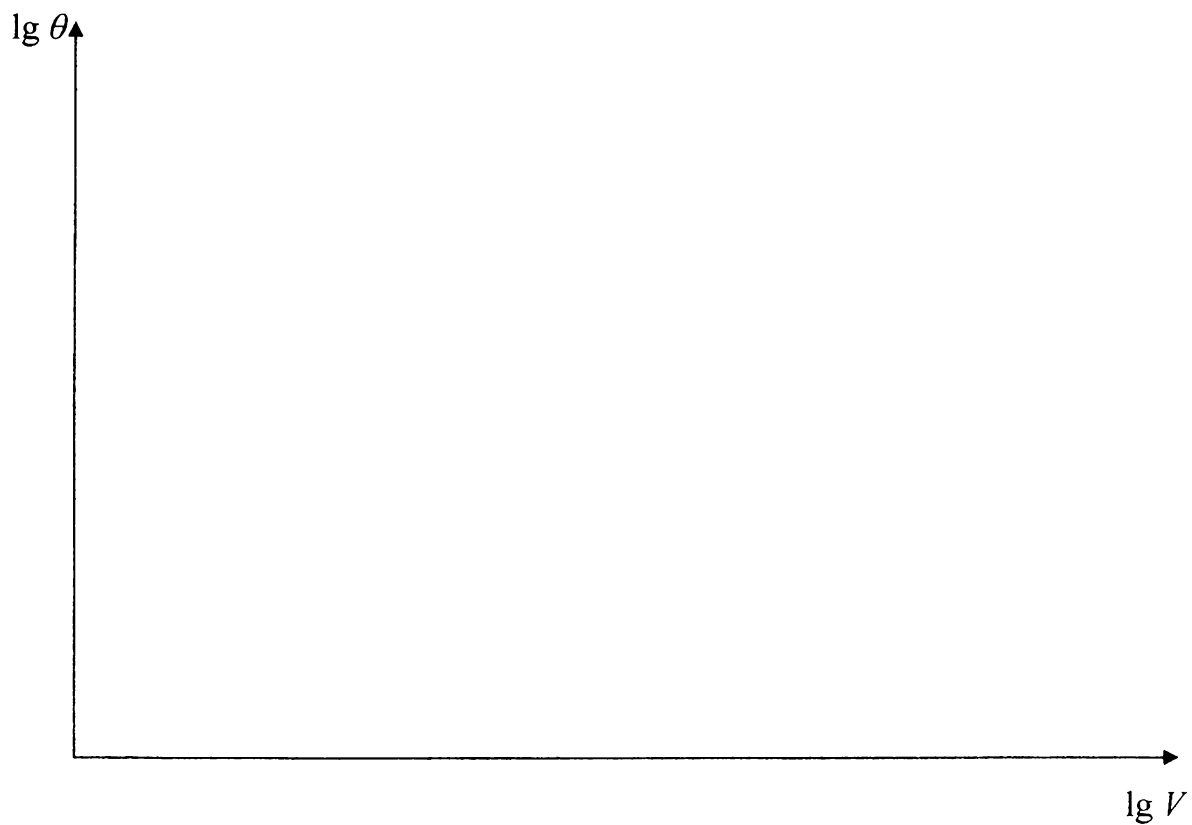


График зависимости $\theta = f(V)$ в двойных логарифмических координатах

2.3.2. Определение показателя степени z

$$z = \operatorname{tg} \alpha_3 = \underline{\hspace{2cm}},$$

где α_3 – угол наклона прямой $\theta = f(V)$ в двойных логарифмических координатах.

2.4. Определение постоянной C_θ в формуле $\theta = C_\theta \cdot V^z \cdot S_o^x \cdot t^y$

2.3.1. Определение постоянной C_{θ_1}

$$C_{\theta_1} = \frac{\theta_1}{S_{o1}^x \cdot t_1^y \cdot V_1^z} = \quad ,$$

где $\theta_1, S_{o1}, t_1, V_1$ – данные, взятые по одной строке из протокола 1.

2.3.2. Определение постоянной C_{θ_2}

$$C_{\theta_2} = \frac{\theta_2}{S_{o2}^x \cdot t_2^y \cdot V_2^z} = \quad ,$$

где $\theta_2, S_{o2}, t_2, V_2$ – данные, взятые по одной строке из протокола 2.

2.3.3. Определение постоянной C_{θ_3}

$$C_{\theta_3} = \frac{\theta_3}{S_{o3}^x \cdot t_3^y \cdot V_3^z} = \quad ,$$

где $\theta_3, S_{o3}, t_3, V_3$ – данные, взятые по одной строке из протокола 3.

2.3.4. Определение среднего значения постоянной C_θ

$$C_\theta = \frac{C_{\theta_1} + C_{\theta_2} + C_{\theta_3}}{3} =$$

2.5. Частный вид эмпирической формулы для определения температуры резания

$$\theta = \boxed{} \cdot V^{\boxed{}} \cdot S_o^{\boxed{}} \cdot t^{\boxed{}}$$

ВЫВОДЫ: _____

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

D_r – главное движение в процессе резания

D_s – движение подачи в процессе резания

t – глубина резания, мм

D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм

d – диаметр обработанной поверхности, мм

$S_{мин}$ – минутная подача, мм/мин

S_o – подача на оборот шпинделя, мм/об

n – число оборотов шпинделя, об/мин

V – скорость резания, м/мин

γ и α – передний и задний углы резца, град

β – угол заострения, град

δ – угол резания, град

φ и φ_l – главный и вспомогательный углы в плане, град

ϵ – угол при вершине резца, град

a – толщина срезаемого слоя, мм

b – ширина срезаемого слоя, мм

K – коэффициент усадки стружки

l – длина обработанной поверхности, мм

l_c – длина стружки, мм

P_z – тангенциальная сила резания, Н

P_x – осевая сила резания, Н

P_y – радиальная сила резания, Н

R – равнодействующая сил резания, Н

Q – теплота, выделяющаяся в процессе резания, Дж

θ – температура резания, °С

ρ – теплопроводность материала, Вт/м·К

Учебное издание

Бородина Наталья Витальевна

ПРАКТИКУМ
ПО ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

Учебное пособие

Редактор Л.И. Кузнецова
Компьютерная верстка Е.А. Комратовой

Печатается по постановлению
редакционно-издательского совета университета

Подписано в печать 02.03.07. Формат 70х108/16. Бумага для множ. аппаратов.
Усл. печ. л 6,0. Уч.-изд. л. 6,2. Тираж 300 экз. Заказ № ~~126~~
Издательство ГОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет». Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

Ризограф ГОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет». Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

